PROUDFOOT BINDER 75 GEORGE S^T EUSTON SQ^R.

The University Library
Leeds

Medical and Dental
Library

CAGE
LON 98

B98

Paris. — Imprimerie de L. MARTINET, rue Mignon, 2.

TRAITÉ
DE
PHYSIOLOGIE

LEEDS SCHOOL OF MEDICINE

PAR

F. A. LONGET

PROFESSEUR DE PHYSIOLOGIE A LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

Membre de l'Académie impériale de médecine,
de la Société philomatique de Paris,
correspondant de l'Académie des Curieux de la Nature, de l'Institut de Bologne,
de l'Académie des sciences de Turin, des Sociétés des sciences naturelles et médicales de Fribourg,
de Francfort-sur-le-Mein, de Liége, de Stockholm, de Vienne, etc.

OUVRAGE ACCOMPAGNÉ

de figures dans le texte et de planches en taille-douce.

TOME PREMIER

PARIS
VICTOR MASSON ET FILS
PLACE DE L'ÉCOLE-DE-MÉDECINE
1861

Droit de traduction réservé.

602777

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE PREMIER VOLUME.

PREMIÈRE PARTIE.

Introduction . . . . i à XXVIII

DE LA DIGESTION.

Considérations générales 1

De l'appareil de la digestion dans la série animale 3

De la faim et de la soif 18

Des aliments 33

1° Aliments organiques . . . .

Matières albuminoïdes ou protéiques 36

Matières grasses 47

Matières amylacées et sucrées 52

Des boissons 65

2° Aliments inorganiques . . . .

Chlorure de sodium 76

Fer 79

Phosphate de chaux, etc 79

De l'alimentation 81

I. — PHÉNOMÈNES MÉCANIQUES DE LA DIGESTION 90

Préhension des aliments 91

Mastication 94

Déglutition 102

Rôle de la salive et du mucus dans la mastication et la déglutition 114

Mouvements de l'estomac 120

Rumination 128

Vomissement 136

Régurgitation 144

Éructation 144

Mouvements des intestins 144

Défécation 149

Usages mécaniques des gaz intestinaux 152

II. — PHÉNOMÈNES CHIMIQUES DE LA DIGESTION 153

Salive 155

Composition chimique de la salive 155

Rôle chimique de la salive dans la digestion 165

Propriété saccharifiante de la salive 167

Principe actif de la salive 168

Suc gastrique 176

Source de la sécrétion du suc gastrique 176

Quantité de suc gastrique sécrétée normalement 182

Modifications de la sécrétion du suc gastrique 183

Moyens propres à obtenir le suc gastrique 188

Action des différentes cavités du cœur.......... 787
— des oreillettes.......... 787
— des ventricules.......... 788
Causes de la dilatation des cavités du cœur.......... 791
Causes de la contraction des cavités du cœur.......... 792
Signes extérieurs des mouvements du cœur.......... 793
Succession des mouvements du cœur.......... 793
Instant de la contraction des différentes cavités du cœur.......... 795
Déplacement et choc du cœur.......... 796
Changements des diamètres du cœur pendant la systole et la diastole.......... 800
Locomotion du cœur.......... 800
Bruits du cœur.......... 801
Tableau résumant les théories émises sur les causes des bruits du cœur.......... 805
Fréquence des battements du cœur.......... 807

Cours du sang dans le système artériel.......... 812
Élasticité des artères.......... 814
Tension artérielle.......... 821
Pouls artériel.......... 827
Contractilité des artères.......... 840
Vitesse du sang dans les artères.......... 847
Bruits artériels.......... 849
Influences qui modifient la circulation artérielle.......... 853

Cours du sang dans le système capillaire.......... 856
Causes du mouvement du sang dans les capillaires.......... 862
Contractilité des capillaires.......... 864

Cours du sang dans le système veineux.......... 869
Causes du mouvement du sang dans les veines.......... 872
Pouls veineux.......... 882
Vitesse du sang veineux.......... 883
Circulation du sang dans la veine porte.......... 884
Circulation veineuse encéphalique.......... 885
Circulation dans les tissus érectiles.......... 885

Circulation pulmonaire.......... 886

Vitesse générale de la circulation.......... 888

DE LA SÉCRÉTION.

De la sécrétion en général.......... 891
Des sécrétions en particulier.......... 902

Des mamelles et de la sécrétion du lait.......... 903
Mamelles.......... 903
Lait.......... 905
Causes qui influencent la sécrétion du lait.......... 908
Passage de diverses substances dans le lait.......... 912

De la sécrétion du sperme.......... 913

Du foie et de ses fonctions.......... 913
Texture du foie chez les vertébrés.......... 913
— chez les invertébrés.......... 920
Sécrétion biliaire.......... 923
Sources de la sécrétion biliaire.......... 924
Trajet de la bile.......... 927

Influences qui peuvent modifier la sécrétion biliaire 927
Passage de certaines substances dans la bile 928
Usages de la bile 929

Glycogénie dite hépatique 930

Du pancréas et du suc pancréatique 935

Salive, suc gastrique et suc intestinal 937

Sécrétion des larmes 939

Des reins et de la sécrétion de l'urine 939
Texture des reins 939
— de l'urine 945
Caractères physiques et chimiques de l'urine 945
Principes contenus accidentellement dans l'urine 951
Influence de l'alimentation sur la sécrétion urinaire 955
Élimination de certaines substances par l'urine 959
Mécanisme de la sécrétion urinaire 958
Continuité de la sécrétion urinaire 960
Influence du système nerveux sur la sécrétion urinaire 960

Sécrétion de la sueur 963
Glandes sudorifères 963
Perspiration cutanée insensible 965
Sueur 966
Composition chimique de la matière de la perspiration cutanée 967
Composition chimique de la sueur 967
Usages de la perspiration cutanée et de la sueur 969

Sécrétion sébacée 971
Glandes sébacées 971
Usages de la matière sébacée 971

Sécrétion du cérumen 972

Sécrétion muqueuse 972
Composition chimique du mucus 973
Rôle physiologique du mucus 974

Sécrétions séreuse et synoviale 974

Sécrétion de la graisse 975

FONCTIONS DES GLANDES VASCULAIRES SANGUINES 977

De la rate et de ses fonctions 977
Texture de la rate 978
Fonctions de la rate 981
La rate remplit des fonctions mécaniques 982
La rate est un organe d'élaboration et de transformation 984
Contractilité de la rate 987

Des capsules surrénales et de leurs fonctions 988
Texture des capsules surrénales 988
Fonctions des capsules surrénales 990
Maladie bronzée de Th. Addison 991

DES SENS EN GÉNÉRAL.

Considérations générales sur les sens 216
Parallèle de la vue et de l'ouïe 224
— du goût et de l'odorat 227
— du goût et du toucher 228
— de la vue et du toucher 230
— de l'odorat et de l'ouïe 232

FIN DE LA TABLE DU PREMIER VOLUME.

INTRODUCTION.

Dans l'univers il n'est point de corps qui n'obéisse à des lois fixes et immuables. L'astronomie, étudiant avec la rigueur des sciences modernes les mouvements des sphères célestes, nous enseigne comment, poussées par une force et retenues par une autre, elles tournent dans l'espace sans s'écarter jamais de leurs orbites. La chimie, descendant chaque jour plus profondément dans l'intime composition des corps, nous révèle comment leurs molécules s'unissent ou se combinent en des proportions définies ; et, bien que née d'hier, elle est déjà parvenue à déterminer les principaux éléments des matériaux qui constituent la terre et les êtres vivants. La physique démontre suivant quelles lois invariables se produisent et se manifestent la chaleur, l'électricité, la lumière, etc. Mais ni la physique, ni la chimie, n'ont pu suffire jusqu'à présent et sans doute ne suffiront jamais pour expliquer tous les phénomènes que présentent les corps vivants. C'est à la *physiologie* qu'il appartient d'étudier spécialement ces phénomènes et d'en formuler les lois.

Il ne nous est pas donné de savoir combien il a fallu de temps à la Nature avant de produire la *vie :* mais si, laissant notre esprit remonter le cours des siècles, nous assistons par la pensée à la formation de notre globe, nous verrons pourquoi la vie n'a pu apparaître qu'après les autres phénomènes naturels. Tout porte à croire que la terre n'a été, dans le principe, qu'une masse incandescente, et qu'après avoir commencé à se refroidir à sa surface, elle a dû, pour se constituer, rester nombre de siècles exposée à des révolutions incompatibles avec la vie. Nous voyons, en effet, que ses couches les plus anciennes ne recèlent rien qui fût organisé ; que, dans des terrains de formation comparativement récente, commencent à apparaître des végétaux dont les débris carbonisés nous apprennent à la fois et l'antique existence et l'infériorité. Plus tard, les animaux naissent, et les premiers qui sont produits n'occupent qu'un rang inférieur dans l'échelle de l'animalité. Tout démontre donc que la Nature en travail a toujours enfanté

des êtres de plus en plus élevés, depuis le minéral jusqu'à l'homme que nous considérons comme le type de la perfection, moins sans doute par orgueil que par impuissance à comprendre quelque chose de plus parfait, un être créé supérieur à nous.

Et il fallait bien qu'il en fût ainsi : il fallait un sol où les plantes pussent germer ; il fallait des plantes pour nourrir les herbivores ; il fallait des herbivores pour nourrir les animaux carnassiers et l'homme ; il fallait que les végétaux gigantesques, dont les couches emplissent de charbon les entrailles de la terre, eussent d'abord enlevé à l'air son excès de carbone pour que les animaux pussent respirer ; il fallait enfin que les animaux mourussent pour rendre à la terre les éléments de plantes nouvelles. Ainsi tout se lie, tout s'enchaîne, tout se continue ; la vie entretient la vie, et la mort sert à la renouveler suivant des lois éternelles.

Mais d'où est venue la première plante ? d'où est venu le premier animal ? d'où vient l'homme ? Devant ces questions insolubles, nous réunirions vainement toutes les forces de notre intelligence. Il faut donc reconnaître des limites qu'on ne saurait franchir, et, dans l'étude de la vie, se rappeler toujours qu'il s'agit, pour nous, d'observer seulement les phénomènes, d'en étudier les lois et nullement d'en rechercher les causes premières.

Cette manière de procéder n'est pas d'ailleurs spéciale à la physiologie, elle est la même pour toute science positive. Qu'est-ce que l'*affinité*, la *gravitation?* Des forces dont on étudie les manifestations, des causes secondes dont on constate les effets, mais dont les sciences exactes se gardent bien de tenter d'analyser l'essence. Qu'est-ce que la *vie* elle-même ? C'est aussi une force dont nous devons étudier les manifestations, une cause seconde dont nous avons à constater les effets, tout en nous abstenant d'en vouloir pénétrer le principe. Malheureusement le langage physiologique, emprunté à la langue vulgaire, n'est pas aussi rigoureux qu'il devrait être, et il confond dans la même expression la cause des phénomènes vitaux et le résultat de ces phénomènes. Ainsi, quand un corps se meut en vertu de la gravitation, la gravitation est la cause, le mouvement est l'effet ; quand deux corps se combinent en vertu de leur affinité, l'affinité est la cause, la combinaison est l'effet ; tandis que, dans un corps organisé vivant, on appelle *vie* la cause qui le fait vivre, et l'effet de cette cause s'appelle encore la vie. Pour lever cette difficulté, on aurait pu nommer *vitalité* la cause, et réserver le nom de *vie* à l'effet lui-même. Cependant il ne nous paraît pas nécessaire de recourir à cette distinction, et chacun doit comprendre que, suivant les circonstances, le même mot peut avoir des significations diverses. C'est, en partie, pour n'avoir pas suffisamment établi cette différence que d'interminables discussions ont roulé sur la question de savoir si la vie était cause ou effet. Pour nous, elle est cause et effet, ainsi que la Nature, qui désigne tantôt la cause créatrice

de l'univers (*natura naturans*), tantôt la réunion des choses créées (*natura naturata*).

La *vie* est l'ensemble des fonctions qui distinguent les corps organisés des corps inorganiques : c'est la vie comme l'étudie le physiologiste, c'est *un effet* qui résulte de l'exécution des fonctions. Mais ces fonctions ne s'exercent qu'en vertu d'une *force inconnue* dont nous ne voyons que les manifestations : c'est la vie comme *cause* dont nous n'avons pas à discuter ici la nature.— La *physiologie* est donc la science qui a pour objet l'étude des fonctions dont l'ensemble constitue la vie.

Malgré la curiosité légitime qui a toujours porté l'homme à s'étudier lui-même, cette science n'a commencé que depuis moins d'un siècle à acquérir quelque exactitude. Un court aperçu historique sur les principales doctrines de la physiologie nous démontrera comment elle a dû rester si longtemps dans les ténèbres, comment elle a pu en sortir en s'éclairant du flambeau des autres sciences.

La philosophie des premiers temps comprenait dans son vaste cadre toute la variété des connaissances humaines. Alors aussi, les sciences n'existaient encore qu'en germe dans l'esprit des philosophes qui devançait les faits. La physiologie ne peut exister comme science qu'au moyen de l'observation, de l'expérimentation et du raisonnement ; mais l'observation est lente, l'expérimentation est difficile, elles ne pouvaient donc convenir à l'esprit ardent et généralisateur des philosophes de l'antiquité. Le raisonnement enfanta des systèmes dont plusieurs, séduisants par eux-mêmes, puissants par le génie des hommes qui les imaginaient, eurent une influence sensible et durable sur la physiologie.

Mentionnons, seulement pour mémoire, l'opinion émise dans les dogmes des religions de l'Orient : pour expliquer tous les phénomènes réputés inexplicables, Dieu était toujours là, prêt à intervenir activement, matériellement. L'humanité, dans l'enfance, était comme est encore l'enfance dans l'humanité ; satisfaite d'un mot qu'elle ne pouvait comprendre, pour se rendre compte de faits qu'elle ne comprenait pas.

Thalès de Milet paraît avoir donné le premier une théorie de l'origine des animaux : il les faisait provenir, ainsi que le reste de la nature, de l'eau, dont tout émanerait.

Pythagore (1) faisait du corps un duel mû par l'unité, symbole de la force primitive ; il plaçait le principe de la vie dans la chaleur, et admettait que l'homme est un abrégé de l'univers régi par l'ordre à qui tout est soumis.

Alcméon (2) plaça dans le sang le principe de la vie, opinion qui se trouve

(1) Diog. Laert., lib. VIII, cap. xxxv.
(2) Galenus, *De elementis*, lib. I

aussi exprimée dans la Bible (1). Mais il considérait le cerveau comme le siége de l'âme, et établissait ainsi une distinction entre l'âme et la vie.

Empédocle (2) imagina que les quatre éléments qui composent la nature se retrouvent dans le corps humain où ils forment les deux oppositions de froid et de chaud, de sec et d'humide. Pour instituer sa théorie, il emprunte, afin de les grouper, les éléments que d'autres avaient considérés avant lui comme principes de la vie : à Thalès l'*eau*, à Anaximènes l'*air*, à Xénophane la *terre* et à Pythagore le *feu*. Mais c'est à ce dernier élément qu'il attribue le plus d'importance ; le feu, suivant lui, est le principe dominant, et l'homme doit la plupart de ses facultés à l'âme, qui est identique avec la chaleur, émanation du sang.

Cette influence de la chaleur est encore admise par Démocrite, qui explique la plupart des phénomènes de la vie par l'existence d'atomes doués de la faculté de s'attirer ou de se repousser (3 ; cette doctrine est aussi celle d'Épicure et des philosophes de son école.

Si Hippocrate n'a pu renoncer complétement aux opinions de ses prédécesseurs, on doit reconnaître que du moins il ne les a pas trop développées. Sans doute il admet aussi les quatre humeurs représentant les quatre éléments, il attribue aussi une suprême influence à la chaleur, mais le plus souvent il s'occupe bien moins des causes que des effets. Pour lui, dans le microcosme humain, la *nature*, ce n'est pas un principe particulier, ce n'est pas une force, c'est l'organisme en fonction.

Platon (4) peut être considéré comme le précurseur des *animistes*. La vie est sous la dépendance de deux âmes, l'une raisonnable, placée dans le cerveau, l'autre irraisonnable, placée dans le ventre. Le corps n'est que le théâtre sur lequel se manifeste l'âme, qui seule sent, agit et pense. C'est elle qui crée, modifie, façonne le corps dans un but déterminé, pour la fin vers laquelle elle tend. — Ces idées sont encore celles d'Aristote, qui les a développées et leur a donné une puissance qui a duré pendant des siècles. Seulement il admet des facultés spéciales qui dirigent les fonctions de chaque organe ; il décompose les deux âmes en une foule de facultés qui ne sont, pour ainsi dire, que des parties du principe qu'il désigne sous le nom de ψυχή.

En opposition absolue avec ces doctrines, la secte des anciens *matérialistes*, dont Épicure est le représentant, ne reconnaît dans tous les êtres qu'un assemblage accidentel d'atomes, dont les dispositions particulières expliquent les diverses fonctions, et qui rendent compte aussi de l'exercice de toutes les facultés. Tandis que, pour Aristote, les organes étaient ce qu'ils étaient à raison de leurs fonctions, pour les matérialistes, les fonctions résultaient de la composition des organes.

(1) *Genèse*, ch. IX.
(2) DIOG. LAERT., lib. IX.
(3) CICERO, *De nat. deor.*
(4) PLATO in *Tim.*, cap. XLI.

Zénon et tous les stoïciens adoptèrent une opinion moyenne entre les deux précédentes, en admettant un principe de vie distinct de la matière, mais inhérent à elle.

Ainsi se succédaient les systèmes, différents ou semblables, opposés ou analogues, sans qu'aucun fait, aucune vérité constatée pût déterminer à faire un choix entre eux. — Enfin Galien parut, et, le premier, il établit la physiologie sur l'observation et l'expérimentation.

Suivant lui, l'âme exécute ses fonctions au moyen d'un *pneuma* qui s'engendre dans les ventricules du cerveau. La sensibilité se transmet au moyen de certains nerfs, la motilité est entretenue par d'autres. Il subordonne les manifestations de l'âme aux dispositions du corps, énonçant ainsi la pensée qui devait donner naissance à l'ouvrage de Cabanis sur les rapports du physique et du moral. Il applique son esprit à des recherches continuelles sur la part que prennent les diverses parties du corps à l'exercice des fonctions, et, convaincu de l'utilité de chacune de ces parties, il compose son ouvrage, aussi anatomique que physiologique, *De usu partium*. Nous aurons bien des fois occasion, dans l'étude des différentes fonctions, de citer les opinions souvent justes, toujours ingénieuses du médecin de Pergame. Malheureusement, loin qu'une nouvelle ère de lumière commençant avec Galien se soit directement perpétuée, après lui les ténèbres se font de nouveau. Son génie avait fait table rase des doctrines spéculatives de ses prédécesseurs ; il paraît, ses travaux illuminent la physiologie, et, après lui, douze siècles de barbarie vont la couvrir de leur ombre.

Que devint la physiologie pendant tout le moyen âge? La philosophie d'Aristote régnait dans les écoles, la médecine grecque et surtout la pratique médicale de Galien étaient conservées par les arabistes ; mais nulle part ne se manifestèrent des idées physiologiques nouvelles, et il eût été impossible qu'il en fût autrement. L'antiquité avait épuisé en théories toutes les formules du raisonnement et Galien en avait fait justice; les esprits éclairés, tous ceux qui étaient capables de penser, s'appliquaient spécialement aux controverses religieuses; les idées manquaient pour de nouveaux systèmes, les faits manquaient pour de nouveaux progrès dans la voie des sciences exactes. Il fallait que la chimie naquît, pour que la physiologie, après avoir accumulé erreurs sur erreurs, pût avancer de quelques pas vers la vérité. — Ainsi se confirme cette assertion, que la plupart des sciences prêtent à la physiologie un concours plus ou moins utile. Les *mathématiques* ont produit le système de Pythagore et manifestent encore leur influence dans les écrits physiologiques de Galien, etc. La *chimie* va entreprendre, à son tour, de nous expliquer les phénomènes de la vie, ainsi que l'astronomie avait essayé d'enchaîner les actes de la vie humaine aux influences des sphères célestes. Arnaud de Villeneuve, Paracelse, Van Helmont, Sylvius, etc., ne voient dans

les actes les plus compliqués et les plus intimes des êtres vivants que le résultat de combinaisons chimiques; soit que, matérialistes, ils ne voulussent voir dans la vie que la résultante de ces combinaisons, soit que, animistes, ils supposassent une cause supérieure, une *archée* qui gouvernerait les actions chimiques. Mais ils venaient trop tôt : la chimie naissante ne pouvait encore rendre compte de rien, et les applications prématurées de cette science à la physiologie compromirent momentanément la juste part qui lui revient dans l'explication de certains phénomènes de la vie.

Descartes contribua à introduire la *mécanique* dans l'étude des fonctions, ou plutôt il systématisa les tendances qui avaient produit les travaux de Borelli, peut-être aussi ceux de G. Harvey, et qui avaient procuré à ce dernier la gloire de découvrir la circulation du sang. Le corps était considéré comme un alambic; on en fit une machine. Les principes de la géométrie, de la mécanique, de l'hydrostatique, servirent à expliquer les phénomènes des sens, les mouvements des organes, l'exercice des fonctions, et jusqu'aux actes de l'intelligence. — Constatons, sans les blâmer, ces exagérations où s'égarent les meilleurs esprits : les plus puissants, comme les projectiles que lance la poudre, ne s'arrêtent pas toujours au but, ils le traversent et le dépassent.

Mais, chose étrange, Descartes était spiritualiste, et son système développé par Boerhaave, par Fr. Hoffmann, etc., ramène aux opinions d'Érasistrate, qui, essentiellement matérialiste, ne voyait dans la vie que des vaisseaux plus ou moins larges où circulaient des atomes plus ou moins volumineux.

Le spiritualisme de Platon avait amené le matérialisme d'Épicure ; de même le matérialisme des mécaniciens donne naissance à l'animisme de Stahl. L'âme régit le corps ; deux facultés lui sont nécessaires pour conserver la vie : celle de sentir et celle de mouvoir. Elle dispose les organes suivant les fonctions auxquelles elle les destine, suivant les sensations qu'elle veut recevoir. L'âme est l'homme, c'est la vie, la pensée, la sensation, le mouvement ; le corps n'est qu'un instrument. Sans doute, Stahl avait raison de ne se contenter ni des doctrines des chimistes, ni de celles des mécaniciens ; mais, en rééditant les idées de Platon, il substituait à une interprétation erronée de faits vrais des spéculations qui ne pouvaient s'appuyer sur aucun fait.

Cependant la *physique*, à son tour, prenait son essor : Newton dictait des lois à la science en découvrant celles de la gravitation. Il observa, réunit les faits et les synthétisa, en leur donnant une formule sans inventer des forces particulières, des propriétés occultes distinctes des corps.

Haller suivit cette direction : il établit que les principaux moyens que doit employer la physiologie pour arriver à la vérité, sont l'observation et l'expérimentation : et en effet il observa, il expérimenta, il recueillit les faits anciens et en ajouta de nouveaux. On ne saurait, sans exagération, prétendre que Haller plaça la physiologie au point où elle se trouve aujourd'hui ; mais il est juste de reconnaître qu'il la constitua en réalité comme science.

qu'il traça la voie dans laquelle on a marché depuis et dont il n'est plus permis de s'écarter.

On serait peut-être tenté de lui reprocher d'avoir inventé, comme une force particulière aux corps vivants, l'*irritabilité*, dont sans doute il a exagéré l'importance, et l'on pourrait objecter que s'il ne fallait qu'un mot pour expliquer les phénomènes observés, on avait déjà ceux de *vie*, d'*esprit*, d'*âme*, d'*archée*, etc.; qu'il était bien superflu, par conséquent, d'en créer de nouveaux. Mais, avec un peu d'attention, on comprendra toute la distance qui sépare l'*irritabilité* des causes finales admises pour expliquer les actes de la vie. L'irritabilité n'est pas une cause finale; c'est, comme l'*attraction*, un mot, rien qu'un mot destiné à rappeler à l'esprit la force qui produit certains phénomènes; phénomènes que l'on peut observer, force qu'on peut étudier, calculer et qui n'a rien d'inconnu que son essence.

Dès lors, la physiologie n'avance plus qu'appuyée sur l'observation et l'expérimentation; elle repousse ou plutôt elle dédaigne toute théorie spéculative, tout système qu'un rêve enfante, qu'un autre rêve détruit. Elle tend à devenir positive, à ne rien avancer qui ne soit prouvé, et loin de chercher à établir l'exactitude du raisonnement par des faits, elle tend à prendre les faits d'abord et à en déduire les raisons. Ce n'est pas à dire néanmoins que la science ne soit qu'un amas confus et stérile d'observations et d'expériences; mais évidemment celles-ci représentent les matériaux que l'intelligence est appelée à mettre en œuvre et qu'elle seule peut coordonner. Il faut donc que les faits et le raisonnement concourent au même but, soit que les faits précèdent le raisonnement, comme il arrive le plus souvent, soit qu'au contraire le raisonnement ait précédé, comme le plan de l'architecte est fait avant l'édifice qu'on doit construire. Ces deux manières de procéder à l'étude de la physiologie peuvent être bonnes, pourvu qu'en définitive les faits et le raisonnement s'accordent. Aussi souvent qu'un problème important s'offrira à nous, nous devrons donc chercher à le résoudre à l'aide de l'observation ou de l'expérimentation, en évitant, autant que possible, la voie de l'hypothèse.

C'est ainsi que la physiologie a progressé, c'est ainsi qu'elle progressera dans l'avenir. Bien loin qu'elle ait été absorbée par les diverses sciences que cultive l'esprit humain, chacune d'elles lui a fourni son contingent, et c'est avec leur aide que le physiologiste procède à l'étude des phénomènes si complexes de la vie.

Que de détails minutieux, que de phénomènes multiples séparent absolument, sans transition aucune, les corps doués de la vie de ceux qui en sont privés, c'est-à-dire les végétaux et les animaux d'une part, les minéraux de l'autre! On a bien imaginé pourtant que certaines substances minérales étaient en quelque sorte organisées; mais une pareille manière de voir ne

supporte pas l'examen, et il est incontestable que, dans la nature, les caractères les plus tranchés établissent des séparations absolues entre les corps bruts et les corps vivants. — Étudier ces caractères, c'est entrer dans l'étude de la vie par l'élimination de ce qui n'en fait pas partie.

Avant d'analyser les différences qui existent entre les corps bruts et les corps vivants, notons qu'il serait possible de les distinguer tout d'abord les uns des autres par cette seule considération que les premiers sont doués de certaines propriétés, tandis que les seconds jouissent de ces mêmes propriétés et possèdent en outre des *facultés*. La physique enseigne les propriétés de la matière : ces propriétés ne peuvent faire défaut ni dans la matière organisée, ni dans la matière inorganisée ; ce sont des attributs de tous les corps quels qu'ils soient. Il n'en est plus de même des facultés qui se manifestent par des actes, et qui sont l'attribut des êtres vivants : vivre, c'est faire usage de ses facultés ; plus ou moins développées, plus ou moins compliquées, les facultés se retrouvent dans tous les êtres vivants et chez eux seulement.

Ce qui distingue la propriété de la faculté, c'est qu'il y a passivité dans la première et activité dans la seconde ; la propriété est inséparable de la matière, la faculté est séparable de l'être organisé, et cette séparation, qui s'opère quand la vie cesse, fait rentrer le corps jusque-là organisé dans la masse des corps bruts.

Mais le langage physiologique, qu'il faut accepter tel qu'il est, ne permet pas d'établir comme une loi cette distinction. Presque toujours, en effet, on confond les propriétés et les facultés, et l'on substitue le plus souvent, sans y prendre garde, l'une de ces expressions à l'autre. Cette distinction n'aurait pu d'ailleurs nous dispenser de mentionner les différences caractéristiques des deux grandes divisions des corps de la nature, différences qui s'observent également dans leur *origine*, dans leur *durée* et dans leur *fin*.

Quant à l'*origine des corps bruts et des corps organisés*, dans le sens rigoureux du mot, elle est et sera toujours environnée, à nos yeux, des plus profondes ténèbres ; ce qui n'empêche pas que tous les jours nous ne puissions étudier comment sont produits les minéraux, comment se produisent les corps vivants.

Deux forces contribuent à former les minéraux : l'une chimique, est l'*affinité ;* l'autre physique, est l'*attraction*. La matière, en présence de la matière, par combinaison ou par agrégation constitue tous les corps bruts. Des circonstances fortuites, que l'homme peut provoquer, concourent à cette formation. Les êtres vivants, au contraire, ne doivent pas leur origine au hasard des circonstances ni à des forces seulement physiques ou chimiques ; ils naissent. Ils naissent, c'est-à-dire qu'ils proviennent d'êtres semblables à eux, soit au

moyen d'un germe que la fécondation a vivifié (*oviparité*), soit au moyen d'un bourgeon qui n'est en réalité qu'une extension de l'être producteur (*gemmiparité*), soit enfin au moyen de la scission d'une partie du tout (*fissiparité*).

Cette différence est absolue et ne subit aucune exception. En admettant même, ce qui est bien loin de devoir être admis, que des générations spontanées pussent s'effectuer, la différence dont il s'agit resterait toujours incontestée. En effet, supposons ici que certains animaux, que certains végétaux puissent naître spontanément, cela démontrerait seulement que la force créatrice qui, dans le principe, a produit tous les êtres vivants, est encore agissante ; mais il n'en résulterait pas que ces êtres se forment comme les corps inorganiques. Nous examinerons en détail, en traitant de la génération, ce qu'il faut croire des *générations* dites *spontanées*. Pour le moment, dussions-nous les considérer comme réelles, la distinction entre les corps bruts et les corps vivants, sous le rapport du mode de production, n'en demeurerait pas moins entière. Car, pour les auteurs qui supposent que des organismes vivants peuvent naître spontanément, quelles sont les conditions de cette naissance ? De l'eau, de l'air et une substance organique ayant fait partie d'un organisme vivant. Ici encore, c'est donc de la vie que la vie procède ; rien ne peut produire la vie qui n'ait été vivant. Allons plus loin encore. Des êtres vivants naissent spontanément, sont créés de toutes pièces ; il est évident, nous le répétons, qu'alors on assiste au premier acte de cette création qui renouvelle, dans des infiniment petits, ce qui a existé un jour pour tous les êtres doués de la vie, et ces nouveau-nés, au lieu d'avoir des parents semblables à eux, sont des ancêtres pour des générations futures.

En quoi ce mode d'origine ressemble-t-il à celui des corps bruts ? Avec les corps simples qu'elle possède, la chimie peut, à son gré, former tous les minéraux composés de la nature ; avec de l'oxygène et de l'hydrogène elle fait de l'eau ; par ses admirables progrès, elle est même parvenue à produire certaines substances organiques. Mais, en vain traiterait-elle, par tous les moyens puissants dont on dispose dans les laboratoires, le carbone, l'oxygène, l'hydrogène et l'azote, jamais elle ne formera un animal ou une plante. — L'animal seul peut produire un animal semblable à lui à un degré plus ou moins appréciable, le végétal seul peut produire un végétal ; et si cette procréation ne nous apparaît pas, ce ne peut être qu'alors qu'une création s'opère.

Il faut bien le reconnaître, quand nous énonçons que l'être vivant ne peut provenir que d'un être semblable à lui, nous exprimons seulement ce que nous voyons tous les jours, ce qui est dans le présent et non ce qui a été dans le passé. Il est certain que tous les êtres vivants n'ont pas toujours existé ; ils ont eu un commencement, et par conséquent, à une époque quelconque, ils ont existé sans avoir été produits par le fait de la naissance. Mais actuellement la science se refuse à examiner des mystères qui doivent lui rester impénétrables, et elle croit devoir regarder comme étrangères à son domaine

les hypothèses ou les opinions qui ont été proposées relativement à l'origine de la vie et des êtres vivants. Toutefois, comme ces manières de voir ont eu quelque influence sur les idées scientifiques, il y a lieu de les indiquer au moins d'une manière sommaire.

Deux propositions opposées ont été émises de tout temps : 1° Les êtres vivants ont existé de toute éternité. 2° Les êtres vivants ont été formés à une époque plus ou moins déterminée.

Aristote aurait, le premier, exprimé la pensée, qui se retrouve aussi dans Pythagore et son école, que le monde est éternel et que ses habitants ont existé éternellement. — Empédocle et Anaximandre de Milet pensaient que d'un mélange de terre et d'eau s'étaient formés des êtres inférieurs qui, par des mutations nombreuses et une progression continue dans la perfection, auraient produit tous les êtres vivants, sans en excepter l'homme.

Dans la première supposition, la nature est vivante, elle a une *âme* qui se manifeste à des degrés différents, avec des énergies variables, dans tout ce qui est, dans les sphères célestes comme dans les corps bruts, dans les végétaux comme dans les animaux. D'après la seconde, le hasard seul et des circonstances accidentelles ont produit les êtres vivants, comme se produisent les cristaux dans une solution saline.

Dans la doctrine admise comme étant l'expression de la foi, une force, en dehors de la nature, a créé tous les êtres qui peuplent la terre ; cette force souveraine, c'est Dieu.

S'il ne nous est pas donné de comprendre l'origine des êtres, nous pouvons du moins les suivre dans leur évolution sur le globe, et, à cet égard, la science a acquis une remarquable maturité.

Un premier fait bien établi est que la vie n'a pas été éternelle sur la terre. Quand on étudie la formation de notre globe, on reconnaît, nous l'avons déjà dit, qu'à une époque qu'il ne nous appartient pas de fixer, aucun être vivant n'y existait. La matière brute le constituait seule et sans doute à l'état incandescent ; état tout à fait incompatible par conséquent avec la présence d'êtres doués de la vie.

Les premiers êtres vivants qui apparurent furent des végétaux cryptogames dont les analogues existent encore aujourd'hui. Puis, successivement, se montrèrent des madréporites, des myriapodes, des trilobites, des coquillages pélagiens, des poissons, des reptiles, des oiseaux et des grands quadrupèdes, en montant des couches les plus profondes vers les plus superficielles. Ainsi, se trouve établie une démonstration matérielle des degrés que les différents êtres vivants occupent dans l'échelle animale.

On peut donc suivre ainsi l'évolution des êtres sur le globe, en poursuivant leurs débris dans les profondeurs de la terre. Il est très douteux que jamais fossile humain ait été trouvé, ou tout au moins ne l'aurait-il été que dans les

terrains les plus modernes ; ce qui, dans un cas comme dans l'autre, établirait que l'homme peut être considéré, jusqu'à présent, comme le dernier né de la création.

En rappelant ainsi comment les êtres successivement créés ont toujours été en progrès sur les êtres antérieurs, nous énonçons seulement un fait duquel notre siècle a vu naître deux doctrines opposées, soutenues l'une et l'autre par de puissants arguments et surtout par de puissants génies.

Existe-t-il, dans les êtres vivants, une hiérarchie qui permette de placer les uns en haut et les autres en bas ? L'observation le prouve d'une manière incontestable. Une cellule qui absorbe est le rudiment de l'être vivant et suffit pour constituer certaines plantes ; puis, à mesure qu'on s'élève dans la série végétale, de nouveaux organes apparaissent, de nouvelles fonctions se développent. Il en est de même chez les animaux : tandis que certains zoophytes ne semblent être aussi qu'une substance absorbante, on voit peu à peu apparaître une cavité pour la digestion, des organes spéciaux pour les sécrétions, pour la respiration, pour la circulation, etc. A mesure que se surajoutent de nouveaux organes, l'être se montre plus parfait, et l'on peut ainsi, par une progression plus ou moins continue, s'élever du dernier zoophyte jusqu'à l'homme.

Toutefois il n'est pas possible de ne point trouver de nombreux degrés qui manquent dans cette échelle des êtres, et même, en supposant que ces degrés actuellement absents aient pu exister autrefois, ou même qu'existant encore, ils échappent seulement à nos recherches, on ne voit pas que l'espace qui sépare un échelon de l'autre puisse diminuer, s'effacer et disparaître. En d'autres termes, des différences existent entre les êtres vivants et les séparent les uns des autres : que ces différences soient grandes ou petites, qu'à nos yeux elles semblent insignifiantes, que notre raisonnement les supprime, elles n'en sont pas moins réelles, absolues, infranchissables. Jamais il n'est possible de voir une plante ou un animal produire un être supérieur à lui ; jamais non plus on ne parvient, par le mélange des races ou des espèces, à former de nouvelles espèces supérieures aux êtres qui les ont produites ou tout à fait différentes d'eux. Mais, a-t-on dit, la Nature, en créant les êtres vivants, a commencé par les plus infimes, et peu à peu s'est élevée de ceux-ci à d'autres moins imparfaits, puis enfin jusqu'à ceux qui occupent le premier degré dans l'échelle des êtres, en perfectionnant toujours un type primitif. Examiner cette question, c'est tenter l'impossible. Ét. Geoffroy Saint-Hilaire, après Lamarck, l'a entrepris, et ses immortels travaux ont eu pour but de démontrer, autant qu'il est donné à l'homme d'atteindre à ce résultat, l'unité de plan de la nature créatrice. Cuvier, au contraire, a soutenu la variété de conformation organique, et aurait sans doute porté la conviction dans tous les esprits sans l'attrait que présente l'idée philosophique défendue par son puissant adversaire.

Pour les animaux, c'est précisément sur la condition essentielle de provenir

d'êtres semblables à eux qu'est établie toute la classification zoologique ; c'est là en effet ce qui constitue l'espèce ou l'unité, dont les genres, les ordres, les règnes ne sont que des multiplications. Dans un travail récent, Isid. Geoffroy Saint-Hilaire (1) a établi, d'une manière probablement définitive, les limites dans lesquelles les variations s'opèrent dans les espèces organiques, et son opinion concilie, autant qu'ils sont conciliables, les deux systèmes opposés de mutabilité indéfinie et d'absolue immutabilité. « Les caractères des espèces, dit cet éminent naturaliste, ne sont ni absolument fixes, comme plusieurs l'ont dit, ni surtout indéfiniment variables, comme d'autres l'ont soutenu. Ils sont fixes pour chaque espèce, tant qu'elle se perpétue au milieu des mêmes circonstances ; ils se modifient si les circonstances ambiantes viennent à changer. » — C'est l'exagération de cette dernière proposition qui avait fait la base du système développé par Lamarck dans sa *Philosophie zoologique.* — « L'expansion graduelle des espèces à la surface du globe, ajoute Is. Geoffroy Saint-Hilaire, est à la longue la conséquence nécessaire de la multiplication des individus. D'autres causes, d'un ordre moins général, peuvent aussi amener des déplacements partiels. D'où, aux limites surtout de la distribution géographique des espèces qui se sont le plus étendues, des différences notables d'habitat et de climat, qui, à leur tour, entraînent inévitablement quelques différences secondaires dans le régime et même dans les habitudes. A ces divers genres de différences correspondent des *races*, caractérisées par des modifications dans la couleur et les autres caractères extérieurs, dans les proportions et la taille, et parfois dans l'organisation intérieure. Ces races ont été, fort arbitrairement, tantôt appelées variétés de localité, et tantôt considérées comme des espèces distinctes. »

Si maintenant nous descendons des faits généraux aux faits particuliers, ou plutôt si nous nous élevons des animaux jusqu'à l'homme, nous arrivons, par les propositions précédentes, à cette conclusion logique, qui satisfait à la fois la raison et le sentiment, que l'*homme descend d'une souche unique.*

Deux opinions ont été émises relativement aux différences qui distinguent les hommes entre eux : ou bien ces différences seraient primitives, ou bien elles seraient acquises. Dans le premier cas, le genre humain serait un composé de plusieurs espèces différentes et devrait reconnaître autant de souches distinctes qu'il y aurait d'espèces ; dans le second cas, l'espèce humaine constituerait une unité dans laquelle on n'aurait à distinguer que des variétés de races.

Si, dans les questions scientifiques, on pouvait faire intervenir la tradition ou le sentiment, aucune discussion ne serait possible sur l'origine unique de l'humanité. Les livres sacrés, les légendes variées des nations qui semblent n'avoir eu aucune communication entre elles, s'accordent pour faire descendre l'humanité d'un couple unique. Nous aimons à voir dans tous les hommes,

(1) *Résumé des vues sur l'espèce organique* (*Hist. nat. gén. des Règnes organiques*, t. II, 2e part.).

quelle que soit leur couleur, des descendants d'un même père, avec lesquels les liens du sang nous unissent dans une indissoluble fraternité. Mais la science demande des preuves ; elle doit s'appliquer à juger, et son jugement acquiert d'autant plus d'autorité qu'il est plus rigoureux. Examinons donc, sans prévention, les principaux arguments cités de part et d'autre pour soutenir ou contester l'unité d'origine de l'humanité.

La première distinction a été tirée de la différence de couleur de la peau ; c'était la plus apparente et bien certainement celle qui, pendant longtemps, a paru sinon la seule, au moins la plus importante. Certains hommes sont blancs ou à peu près, tandis que d'autres ont la peau plus ou moins noire, plus ou moins jaune. Or, comme des hommes blancs il ne naît que des enfants blancs, comme des hommes de couleur que des enfants de couleur ; comme le blanc, dans les climats chauds, ne prend jamais la couleur du nègre, et que celui-ci ne perd jamais la sienne dans les climats tempérés, il y aurait là, a-t-on avancé, une différence suffisante pour faire admettre une différence d'origine.

Mais, dans les mêmes espèces animales, on trouve de très grandes variétés de couleur, et l'on n'en tient pas compte pour établir une distinction d'espèce ; la coloration, chez les animaux, peut varier suivant les climats. Les hommes blancs, dans les pays chauds, présentent d'ailleurs une teinte brune qui ne se rencontre pas dans les climats froids, tandis que, dans le pays des nègres, les femmes qui évitent soigneusement l'action du soleil peuvent rester aussi blanches que les Européennes. — Si l'on ne voit pas que l'influence du climat suffise pour transformer le blanc en homme de couleur, et réciproquement, c'est qu'à ces observations il manque l'élément indispensable aux grandes modifications de l'organisme, le temps.

Indépendamment de la couleur de la peau, il existe des différences tirées de la forme de la tête, des traits du visage, de la saillie plus ou moins prononcée de la mâchoire inférieure, etc., et toutes ces différences caractéristiques, se conservant par la génération, ont été parfois considérées comme des différences spécifiques.

Or, qui ne sait que, dans les mêmes espèces animales, certaines variétés de conformation peuvent se conserver pour former des races nouvelles et non des espèces particulières ? C'est à cette circonstance que nous devons d'avoir pu, chez les animaux domestiques, former, en quelque sorte à volonté, des races appropriées à nos besoins, aux services que nous en attendons. Et même chez l'homme, il existe souvent, dans les familles, des traits particuliers qui se perpétuent à travers les générations et sur lesquels on n'a jamais songé à établir des caractéristiques d'espèces. « Il était assez ordinaire, chez les Romains, de déduire du signe héréditaire local le nom de la famille : de là, leurs Capitones, leurs Labeones, leurs Nasones, leurs Bucones, et une infinité d'appellations de ce genre (1). »

(1) P. Lucas, *Traité philos. et physiol. de l'hérédité naturelle, etc.* Paris, 1847, t. I, p. 197.

« Les éleveurs célèbres que compte l'Angleterre sont arrivés à transporter d'une race à une autre race, ou d'un individu à ses divers produits, telle ou telle proportion de membre ou de partie. Il leur a suffi, pour arriver à ce but, de préciser d'abord le caractère physique qu'ils désiraient transmettre; de faire élection, ensuite, de mâles et de femelles le présentant l'un et l'autre au plus haut degré possible de développement; et, à défaut d'individus étrangers, d'allier les rares produits où ils se propagent, avec les pères ou mères, avec les frères et sœurs, procédé que les Anglais nomment *Breeding in and in* (1). » — Supposez que la Nature, que le hasard ait fait à une époque quelconque ces mélanges que l'art renouvelle tous les jours, ne sera-t-il pas clair qu'il en pourra résulter des produits différant entre eux beaucoup plus encore que le Caucasien ne diffère des habitants de Mallicolo?

Il est d'ailleurs un autre argument physiologique qui tend à juger la question en faveur de l'unité spécifique de l'humanité, c'est que du mélange de races humaines différentes naissent des produits féconds. Or, qu'est-ce qui constitue l'espèce? « L'espèce, dit Isid. Geoffroy Saint-Hilaire, est une collection ou une suite d'individus caractérisés par un ensemble de traits distinctifs dont la transmission est naturelle, régulière et indéfinie dans l'ordre actuel des choses (2). »

Admettant qu'il soit rigoureux de conclure de ce qui précède que tous les hommes descendent d'un couple unique, faut-il rechercher à quelle race ce couple appartenait? Pouvons-nous connaître son origine, la contrée qu'il habitait? Suivrons-nous dans leurs développements les déviations du type primitif? — Qu'il nous suffise d'avoir mentionné les principaux arguments qui ont servi à établir l'unité de l'espèce humaine; les autres questions seraient oiseuses ou insolubles.

Nous n'entreprendrons pas non plus de tracer ici les caractères qui distinguent les unes des autres les différentes *races humaines;* c'est là une classification qui appartient à l'histoire naturelle et non à la physiologie. Les études ethnologiques rentrent dans le cadre de l'anatomie comparée. Pour nous, qui n'avons à étudier ici que les fonctions de la vie, nous les trouvons les mêmes dans les différentes races; et, s'il est vrai que des différences psychologiques existent entre elles, elles ne portent que sur des degrés de l'intelligence qui peut être plus ou moins développée, mais qui est néanmoins toujours la même, car l'humanité est une.

C'est à dessein que nous nous sommes abstenu de distinguer les animaux des végétaux dans les considérations qui précèdent. Sous le rapport de l'*origine*, il n'existe en effet aucune différence réelle entre ces deux règnes vivants. Les

(1) *Ouvr. cit.*, p. 203.
(2) *Mém. cit.*, p. 39.

graines sont assimilables aux œufs, et, pour les plantes comme pour les animaux, il est vrai de répéter avec Harvey : *Omne vivum ex ovo.*

Pendant leur *durée*, les corps vivants se distinguent des corps bruts non plus par un seul caractère, mais par un grand nombre de caractères importants ; et les corps vivants diffèrent aussi entre eux suivant qu'ils appartiennent au règne végétal ou au règne animal. — Dans une étude générale sur la vie, il pourrait suffire de distinguer les corps vivants de ceux qui ne le sont pas ; mais bien que l'examen de la vie, dans les plantes, constitue en réalité une science particulière, comme ce n'est là, pour ainsi dire, qu'un des degrés de la vie des animaux, il nous semble important d'examiner les différences principales qui existent entre ces deux grandes divisions des corps organisés. Toutefois, et pour n'avoir pas à subdiviser inutilement notre sujet, nous traiterons en même temps, à propos des caractères distinctifs des corps vivants et des corps bruts, de ceux qui distinguent entre eux les animaux et les plantes.

Une question préalable se présente : Les caractères dont il s'agit sont-ils constants, absolus, ou bien cette classification des corps vivants en deux règnes n'est-elle qu'artificielle ?

Nous avons déjà dit qu'entre les corps bruts et les corps vivants il existait une ligne de démarcation bien tranchée, bien nette ; ligne que, malgré toute leur bonne volonté, n'avaient pu effacer les auteurs le plus disposés à ne reconnaître dans la nature qu'une gradation des corps. « Si le polype, dit Ch. Bonnet (1), nous montre le passage du végétal à l'animal, d'un autre côté nous ne découvrons pas celui du minéral au végétal. Ici la nature nous semble faire un saut ; la gradation est pour nous interrompue, car l'organisation *apparente* de quelques pierres et des cristallisations ne répond que très imparfaitement à celle des plantes. »

Une pareille différence existe-t-elle entre les végétaux et les animaux ? « L'examen nous conduit à reconnaître, dit Buffon (2), qu'il n'y a aucune différence essentielle et générale entre les animaux et les végétaux ; mais la nature descend par degrés et par nuances imperceptibles d'un animal qui apparaît le plus parfait à celui qui l'est le moins et de celui-ci au végétal. Le polype d'eau douce sera, si l'on veut, le dernier des animaux et la première des plantes. » — Il a même paru probable que les formes végétale et animale les plus simples peuvent, suivant les circonstances, appartenir tantôt à l'un, tantôt à l'autre règne : d'après Ingenhousz (3), la matière verte de Priestley se forme par une réunion d'infusoires et peut se résoudre en infusoires.

Mais, si les deux règnes organiques se touchent par leurs degrés les plus in-

(1) *Considérations sur les corps organisés*, ch. XII, § 209.
(2) *Hist. nat.*, 1749, t. II, p. 8.
(3) *Miscellanea physico-medica.* Vienne, 1795.

férieurs, ou plutôt si les moyens que nous possédons ne permettent pas toujours de reconnaître si la vie, quand elle existe dans les infiniment petits et à un degré infime, est celle d'un végétal ou celle d'un animal ; au contraire, dans les degrés supérieurs, la distinction est tellement claire et évidente, que, négligeant les conditions rares et douteuses qui viennent d'être signalées, il sera toujours facile de démontrer en quoi les végétaux diffèrent des animaux.

Les principales différences qui existent entre les corps vivants et les corps bruts sont relatives au *volume*, à la *forme*, à la *composition chimique ;* en outre, entre les végétaux et les animaux, on trouve encore des différences relatives aux diverses fonctions de nutrition, de respiration, de circulation, etc. Enfin la sensibilité et la motilité volontaire, ces attributs de l'animalité, n'ont sans doute pas leurs analogues dans le règne végétal.

Le *volume* des corps bruts est indéfini et illimité. Mécaniquement on peut diviser un corps brut en parties extrêmement petites sans qu'il cesse d'être, et par la pensée on peut le scinder en atomes sans l'altérer ; l'observation révèle, d'autre part, l'existence de corps planétaires auprès desquels la terre ne paraît que comme un grain de sable. Entre ces infiniment petits et ces infiniment grands, tous les degrés de volume sont possibles et existent en effet pour les corps bruts.

Il n'en est pas de même pour les corps vivants : chacun d'eux possède un volume déterminé qu'il peut dépasser en plus ou en moins, dans des limites variables, mais toujours assez restreintes. Ce volume peut être d'une excessive petitesse, puisqu'il est des corps organisés dont le microscope seul décèle l'existence ; mais il est impossible, soit physiquement, soit intellectuellement, de les diviser à l'infini : ils cesseraient d'être des corps vivants. La chimie n'a pu concevoir la pensée d'atomes animaux ou végétaux.

Il a existé, dans les terres antédiluviennes, des êtres organisés d'un volume considérable ; il existe encore des Cétacés, des Baobabs, qui témoignent quel énorme développement peuvent acquérir des êtres vivants du règne animal ou du règne végétal. Si grand qu'il soit, ce développement est pourtant limité, tandis que celui des corps bruts n'a pour ainsi dire pas de limite. Un grain de sable qui s'ajoute à un autre grain de sable peut être le point de départ, l'origine d'un vaste continent ; et ces immenses deltas qu'on rencontre aux embouchures de grands fleuves ont été formés ou se forment tous les jours du limon que les eaux entraînent.

On assure, à la vérité, que certains polypiers ont pu, en s'agglomérant, former d'importants archipels, et que de nouvelles îles naissent sans cesse par le développement ou le groupement de ces animaux. Mais un banc de corail n'est pas un animal, non plus qu'une ville n'est un homme. Des animaux ou des végétaux peuvent se grouper en grand nombre et de leurs débris ou de leurs produits former des masses considérables ; il n'est pas moins vrai que le volume de

chaque individu pris isolément reste toujours absolument limité et comparativement petit.

Des mines de houille ou des bancs de craie, aussi loin qu'ils s'étendent, n'auront jamais été composés que de végétaux ou en partie d'animaux d'un volume déterminé.

Ces différences de volume se retrouvent, en quelque sorte, entre les végétaux et les animaux. Dans ces deux règnes, les infiniment petits peuvent se rencontrer, mais ils sont plus nombreux dans le règne animal que dans le règne végétal. Le nombre des animaux d'un très petit volume est beaucoup plus considérable en effet que celui des végétaux de pareilles dimensions. Enfin les plus grands, parmi les animaux, n'acquièrent jamais de dimensions comparables à celles des arbres de nos forêts, qui eux-mêmes ne sont pas, il s'en faut de beaucoup, au nombre des plus grands végétaux.

Les corps bruts peuvent se présenter sous trois états différents : l'état *solide*, l'état *liquide*, l'état *gazeux* (*). — Les corps organisés sont tous solides, mais ils renferment dans leur intérieur des liquides et des gaz.

Les corps bruts sont susceptibles de prendre toutes les formes, c'est-à-dire qu'ils n'ont pas nécessairement des formes déterminées. Résultat d'une agglomération de molécules, ils peuvent présenter des figures variables qui n'ont rien de fixe et qui dépendent des circonstances accidentelles au milieu desquelles ils se sont constitués. Quelques-uns d'entre eux sont néanmoins susceptibles de cristalliser et prennent alors des formes géométriques déterminées, mais alors aussi leur régularité résulte de surfaces planes réunies sous certains angles. Tous les cristaux sont des polyèdres rectilignes.

Les corps organisés ne présentent jamais de formes géométriques rectilignes. Constitués par des globules plus ou moins arrondis, par des cellules plus ou moins allongées, par des organes plus ou moins hétérogènes, les corps organisés offrent les plus grandes variétés de formes dont l'irrégularité géométrique est parfaitement constante dans chaque espèce. Aussi chaque corps organisé a une forme déterminée, d'après son origine, et presque complétement indépendante du milieu dans lequel il se développe ; seulement cette forme est toujours limitée par des lignes courbes ou plutôt par des surfaces courbes.

Abstraction faite des êtres les plus bas placés dans l'échelle végétale et dans l'échelle animale, on peut aussi distinguer les végétaux des animaux d'après la *forme*. Chez les premiers, en effet, il y a tendance à se développer sous forme ramifiée en deux sens opposés pour les racines et pour les branches ; chez les seconds, les formes se concentrent et présentent généralement un

(*) Des physiciens y joignent l'*état sphéroïdal*.

aspect à peu près globuleux. « Un végétal, dit De Candolle, est composé de deux cônes (dans les exogènes) ou de deux cylindres (dans les indigènes) appliqués par leurs bases, disposés dans le sens vertical et s'allongeant indéfiniment par leurs extrémités (1). »

Cette symétrie, qui existe entre les deux moitiés superposées des végétaux, se retrouve entre les deux moitiés latérales des animaux ; mais les animaux supérieurs présentent deux moitiés latérales parfaitement symétriques, tandis qu'il n'y a qu'une analogie et non une symétrie véritable entre les racines et les branches.

Dans leur *structure*, les corps bruts ne présentent aucune partie qui soit nécessairement différente de la masse totale. Chaque division d'un cristal est un cristal pareil, plus petit ; les masses les plus considérables peuvent être réduites en une poudre dont les grains seront identiques les uns avec les autres.

Dans les corps organisés il existe *nécessairement* des parties hétérogènes, les unes solides, les autres liquides, et formant autant de divisions qu'on ne saurait subdiviser sans les détruire. Ainsi, dans une plante, on pourra distinguer des branches, des fleurs, des feuilles ; mais la division d'une feuille en plusieurs fragments ne donnera que des débris qui ne représenteront plus rien de la plante.

« Toutes les parties d'un corps vivant, soit végétal, soit animal, a dit Richerand, tendent et concourent à un but commun, la conservation de l'individu et de l'espèce ; chacun de leurs organes, quoique doué d'une action particulière, agit pour remplir cet objet, et de cette série d'actions concurrentes et harmoniques résulte la vie générale ou la vie proprement dite. Au contraire, chaque partie d'une masse brute ou inorganique est indépendante des autres parties auxquelles elle n'est unie que par la force ou l'affinité d'agrégation ; lorsqu'elle en est séparée, elle existe avec toutes ses propriétés caractéristiques et ne diffère que par son volume de la masse à laquelle elle a cessé d'appartenir. »

Dans leurs divisions, de même que dans leur ensemble, les corps bruts se distinguent des corps organisés. Un cristal ou une poudre amorphe sera le dernier terme de la division des substances inorganiques ; dans les substances organisées, le microscope fera toujours retrouver, comme partie élémentaire, une cellule ou un globule que l'esprit même ne saurait diviser sans les détruire. Ainsi, tandis que, réduites en poudre, les substances organisées sont détruites et incapables de se reconstituer, il suffit d'un peu de chaleur ou d'humidité pour que les poudres en lesquelles on aurait réduit des corps bruts s'agrégent, cristallisent et reforment le corps dont elles avaient fait partie primitivement.

(1) *Organographie végétale*, t. I, p. 249.

L'hétérogénéité des parties constituantes des corps organisés a une telle constance, qu'il a été possible d'examiner ces parties en elles-mêmes, abstraction faite du corps auquel elles appartiennent. Ainsi les liquides et les solides qui entrent dans la composition des végétaux et des animaux présentent entre eux certains caractères, certaines analogies, certaines différences, quel que soit le végétal ou l'animal dont ils émanent. De là résulte qu'on a distingué sous des noms particuliers les principaux liquides, les différents tissus dont la réunion constitue les corps vivants. Ces liquides et ces tissus ne sont pas identiques dans les végétaux et dans les animaux, et les différences qu'ils présentent peuvent aussi servir à distinguer les deux règnes des êtres vivants.

D'abord, relativement à la quantité, on observe que les liquides sont beaucoup plus abondants chez les animaux que chez les végétaux ; et ce fait généralisé tend à établir que les parties fluides dans les corps organisés sont en raison directe du degré de vitalité. Ainsi, c'est pendant la vie embryonnaire, alors que l'énergie vitale est le plus prononcée, que les liquides sont le plus abondants. Dans l'enfance encore, la quantité relative des liquides est plus considérable qu'à une époque plus avancée de la vie, et c'est à la lettre qu'on peut dire que les êtres vivants, en vieillissant, se dessèchent.

Il est clair que ces variations, qui s'observent dans l'individu pris en totalité, se retrouvent identiques dans les différents tissus qui le composent. Comparés entre eux, on constate qu'en général les tissus sont d'autant plus pénétrés de liquides, qu'ils sont plus doués de vie; d'où résulterait qu'en général aussi les organes les plus mous seraient ceux dont les fonctions tiendraient de plus près aux caractéristiques de l'animalité.

Le nombre des liquides est moindre dans les végétaux que dans les animaux : la séve, qui représente dans les plantes le fluide nourricier, est le plus souvent leur seul élément liquide; dans diverses espèces végétales, il existe en outre le *latex* ou suc propre, dont les usages sont peu connus. Chez les animaux supérieurs, au contraire, on trouve, indépendamment du sang, la lymphe, la salive, la bile, le suc pancréatique, la synovie, le liquide céphalo-rachidien, etc. — Notons encore que le fluide essentiel de la génération des animaux est représenté dans le règne végétal par une masse pulvérulente, le *pollen*.

La composition des liquides est beaucoup plus simple dans les plantes que dans les animaux, et le globule qui constitue, pour ainsi dire, le fluide nourricier des animaux (sang) n'a pas d'équivalent dans la séve, qui n'est guère que de l'eau chargée d'acide carbonique, de sels minéraux et de substances organiques azotées ou bien analogues à la cellulose.

Quant aux parties solides qui entrent dans la structure des corps organisés, elles diffèrent tellement dans les végétaux et dans les animaux, que, sous ce rapport, il est assez difficile d'établir entre eux des points de comparaison.

Un corps, plus ou moins régulièrement polyédrique, formé d'une enveloppe solide, qui limite une cavité dans laquelle se trouve une substance solide ou liquide, telle est la *cellule*, l'élément essentiel et quelquefois unique des végétaux. Dans les animaux, la cellule ainsi constituée peut se rencontrer dans les espèces inférieures, ou d'une manière passagère pendant la vie embryonnaire. Que les cellules s'allongent, se juxtaposent à leurs extrémités, et le tissu vasculaire des végétaux se forme : tissu cellulaire et tissu vasculaire, tels sont les éléments constitutifs des plantes dont la texture offre peu de diversité.

Pendant longtemps on a cru aussi que les animaux n'étaient formés que d'un seul tissu, la *fibre élémentaire*. Les uns la disaient creuse, d'autres pleine. Ruysch supposait que le corps n'était qu'un amas de vaisseaux sanguins, et Mascagni de vaisseaux lymphatiques. Cependant Haller avait reconnu que, malgré les injections les plus fines et les plus pénétrantes, on trouvait toujours des portions d'organes qui n'étaient pas constituées par des vaisseaux.

Depuis Schleiden, on a souvent admis que, chez les animaux comme chez les végétaux, la cellule était l'élément constitutif de tout l'organisme. Il est bien vrai que, pendant la période de formation, les cellules sont les premiers éléments des tissus qui apparaissent : ainsi on les trouve formant le blastoderme dans l'œuf des mammifères, avant qu'aucun autre élément organique puisse être distingué. Sans doute, on retrouve encore les cellules dans un assez grand nombre de tissus d'individus adultes, dans l'épithélium, dans les cartilages, dans les culs-de-sac terminaux des glandes, etc.; mais on les chercherait vainement dans d'autres tissus ayant atteint leur développement, et d'ailleurs on sait aujourd'hui que, chez l'adulte et même chez le fœtus, dans des liquides exsudés naissent des éléments ayant forme de fibres, etc., sans avoir passé préalablement par l'état de cellule.

On admet généralement que les corps organisés animaux sont constitués par la réunion de plusieurs tissus élémentaires, tels que les tissus cellulaire, osseux, cartilagineux, fibreux, nerveux, glandulaire, etc. Mais ces divers tissus ne se montrent pas isolés dans les organes, ils ne se retrouvent pas également chez tous les animaux aux différents degrés de l'échelle, et ne représentent en quelque sorte que les éléments des différents systèmes qui forment les animaux.

Le tissu cellulaire est celui qui se présente avec le plus de constance dans l'échelle animale : il existe dans les êtres inférieurs, qu'il constitue presque en totalité, et dans les classes élevées, où il s'associe à d'autres éléments. Les vaisseaux sont des tubes dans lesquels circule le liquide nourricier des animaux : on les retrouve dans presque toutes les classes, non-seulement chez tous les vertébrés, mais aussi chez un grand nombre d'animaux sans vertèbres.

Les vaisseaux des végétaux sont cloisonnés à leur intérieur et constitués par une juxtaposition de cellules.

Si, malgré les différences qu'ils présentent dans les animaux et dans les plantes, les systèmes cellulaire et vasculaire sont communs à ces deux règnes, au contraire, les systèmes nerveux, musculaire et osseux n'appartiennent qu'au règne animal, et n'ont pas leurs analogues dans les végétaux. L'observation, d'accord avec le raisonnement, a fait découvrir l'existence du système nerveux et du système musculaire à presque tous les degrés du règne animal. Quant au système osseux (y compris les cartilages), il n'existe en réalité que chez les vertébrés : mais il est représenté chez les mollusques par leurs enveloppes calcaires, chez les insectes par des téguments cornés, et chez les articulés on trouve des parties composées de matière animale mélangée avec du carbonate et du phosphate calcaires qui offrent quelque analogie avec les os.

Ces différents systèmes et tous les autres qui entrent dans la composition des corps animaux ne sont pas groupés au hasard, ils sont assemblés de manière à former des appareils qui concourent à une même fonction. En étudiant chacune des fonctions à part, nous aurons soin de signaler, pour celles qui sont communes aux végétaux et aux animaux, les principales différences qui existent entre elles dans ces deux règnes.

Dans le *nombre* des organes qui participent à une même fonction, il existe une différence générale entre les végétaux et les animaux. Chez les premiers, il y a une multiplicité extrême de racines, de feuilles, de fleurs ; chez les seconds, il y a tendance à l'unité, un seul canal digestif, deux poumons ou branchies, deux testicules ou ovaires, etc.

Quant à la *disposition* générale des organes, elle offre cette différence remarquable, que, chez les animaux, tous les organes importants sont situés à l'intérieur du corps, à moins que, comme les appareils des sens, ils n'aient, par leur destination même, leur place marquée à la surface de l'animal ; tandis que, dans les végétaux, ils sont toujours placés à l'extérieur, et aucun organe spécial ne se rencontre à l'intérieur. Aussi a-t-on dit que les animaux étaient des plantes retournées en dedans, et les plantes des animaux retournés en dehors.

Une différence plus importante résulte de l'existence, dans les animaux, d'*organes centraux* pour la circulation et pour l'innervation, qui, nous l'avons vu, n'ont rien d'analogue dans les végétaux. Mais cette distinction n'est pas absolue, car ce n'est pas dans tout le règne animal que ces organes se montrent, et généralement ils manquent dans les animaux tout à fait inférieurs, qui tendent à se rapprocher du règne végétal. — La présence d'organes centraux constitue essentiellement l'individualité ; leur absence permet de considérer les êtres comme un groupe d'êtres distincts. Ainsi, tandis qu'un vertébré ne peut être divisé sans cesser d'exister, un assez grand nombre d'invertébrés peuvent

être partagés en plusieurs parties qui continuent à vivre. Or, ce qui est une exception dans le règne animal et ne se rencontre que dans ses degrés inférieurs, est la règle dans les végétaux : chez eux, chaque partie prise isolément semble représenter tous les organes de l'individu souche, et peut vivre isolément en formant un individu nouveau. Ainsi, quand on met en terre une branche encore adhérente à la plante à laquelle elle appartient, elle peut prendre racine, et vivre alors d'une vie propre qui permet de la détacher bientôt du tronc dont elle provient : c'est le moyen que l'on emploie pour multiplier les plantes par *marcottes*. De jeunes branches dont les yeux et l'écorce sont sains peuvent, étant plantées, se développer et constituer un végétal parfait, ainsi que le démontrent journellement les *boutures*. Il paraît même que des feuilles peuvent suffire à reproduire certaines plantes. Aussi Dupetit-Thouars a-t-il cru pouvoir dire « qu'un arbre est un agrégat de l'individu primitif provenu de la graine et de tous les individus provenus de germes non fécondés, et qui se sont développés les uns sur les autres et ont formé les prolongements ou les ramifications de l'individu primitif (1). » Un arbre serait en quelque sorte l'analogue d'un banc de corail.

La distinction qu'on a voulu établir entre les végétaux et les animaux d'après la persistance des organes génitaux chez ceux-ci, et leur périodicité chez ceux-là, n'est pas absolue. Il existe des animaux qui ne sont pas pourvus pendant toutes les époques de leur vie d'organes génitaux, et chez lesquels ces organes n'apparaissent qu'alors que la génération doit s'accomplir. Cette proposition pourrait même peut-être se généraliser ; car, chez les animaux comme chez les végétaux, la génération n'étant pas une fonction qui s'exerce constamment, les organes qui y servent s'atrophient plus ou moins quand ils ne doivent pas agir. Mais il reste vrai, suivant la remarque de Treviranus (2), que la réunion dans une fleur des organes appartenant aux deux sexes et un nombre indéterminé de ces organes sont les caractères du maximum de l'organisation végétale, et que le contraire caractérise le minimum de cette même organisation. Chez les animaux, la répartition des organes génitaux sur des individus différents est, comme on le sait, une preuve d'organisation plus parfaite.

Il n'y a pas longtemps encore qu'une simple formule exprimait les différences qui existent sous le rapport de la *composition chimique* entre les corps inorganiques, les végétaux et les animaux. Les corps bruts, disait-on, sont simples ou composés de deux éléments ou de multiples de deux, et se combinent toujours dans des proportions binaires ; les végétaux sont formés de composés ternaires, et les animaux le sont de composés quaternaires. L'oxygène, l'hydrogène et le carbone constituent la plupart des principes immédiats

(1) *Organographie végétale*, t. II, p. 238.
(2) *Biologie*, t. I, p. 432.

végétaux ; ces trois éléments, plus l'azote, se trouvent dans les principes animaux. Les progrès incessants de la chimie ne permettent plus d'adopter une formule aussi simple, qui cesse d'être vraie depuis qu'elle est reconnue comme une exagération de la vérité. Sans doute, dans un grand nombre de principes immédiats des végétaux on ne rencontre que les trois éléments, oxygène, hydrogène et carbone; mais dans beaucoup d'autres il existe aussi de l'azote. D'ailleurs, entre les principes organiques et certains corps dont s'occupe la chimie minérale, il n'existe pas de différences tranchées de proportion, et il devient chaque jour plus vrai de dire que la chimie est une, et qu'elle ne saurait légitimement se scinder en chimie inorganique et chimie organique.

En effet, il n'existe entre les substances minérales et les substances organiques qu'une seule différence fondamentale, qui est leur différence d'origine. A part cela, elles peuvent les unes comme les autres ou cristalliser, ou se combiner, soit avec des bases, soit avec des acides, ou bien se décomposer en principes basiques et en principes acides, et les combinaisons qu'elles forment les unes comme les autres obéissent à des proportions définies. Ainsi, un même corps peut être alternativement considéré comme minéral ou comme produit animal sans que sa composition ait changé. Un exemple bien connu est fourni par l'urée. Ce corps d'origine organique a pour formule $C^2H^4Az^2O^2$: or, l'acide cyanique traité par l'ammoniaque donne du cyanate d'ammoniaque (AzH^3, HO, C^2AzO), qui, dans l'eau, se transforme en un produit isomère, l'urée. Les mêmes éléments, dans les mêmes proportions, peuvent donc, suivant leur mode de combinaison, donner des corps qui appartiennent soit au règne minéral, soit au règne organique.

Cependant s'il est vrai, pour le chimiste, qu'il n'y a pas de différence absolue entre les produits organiques et les corps inorganiques, cette proposition n'est pas tout à fait aussi exacte pour le physiologiste. Lorsqu'ils sont soumis à l'analyse, les produits organiques et les corps organisés ont perdu précisément leurs propriétés d'êtres vivants. Dans le creuset du chimiste, les combinaisons, sans être finalement différentes de ce qu'elles étaient pendant la vie, ne présentent plus les conditions qui leur permettaient de donner naissance à une foule de produits intermédiaires, ou de résister par le fait même de la vie à certains agents chimiques.

Il ne faut pas supposer pourtant, comme on l'a dit trop longtemps et trop souvent, que la vie soit une lutte continuelle contre les forces physiques ou chimiques. Les lois qui régissent les combinaisons des corps ou leur décomposition semblent être les mêmes dans l'organisme vivant ou dans le laboratoire ; mais il faut bien considérer que, dans les êtres doués de la vie, il existe un nombre infini de combinaisons diverses, de circonstances particulières de température, d'électricité, d'état physique, etc., qui interviennent dans les réactions, les multiplient, les compliquent, et dont il importe de tenir compte

quand on peut les connaître ou les apprécier. Dans la digestion, par exemple, on voit l'animal prendre un aliment, le diviser, le triturer, le diluer, le traiter par les acides, par les alcalis, employer pour le décomposer une température élevée, constante, des réactifs nombreux, simultanément ou successivement; et, par tous ces moyens que la chimie connaît et qu'elle peut plus ou moins employer, la digestion s'opère. Il y a lieu de croire qu'elle s'opérerait de même dans la cornue inerte du chimiste, si les mêmes agents s'y trouvaient dans les mêmes conditions; mais ils ne s'y trouvent pas, et jusqu'à présent la science n'est point parvenue à imiter complétement la nature : c'est déjà beaucoup qu'elle ait pu apprécier les moyens employés, leur mode d'action, leurs résultats, et qu'elle ait pu réussir parfois à produire des effets analogues. — On doit assurément une juste admiration à ces travaux de laboratoire qui essayent de lutter avec la nature dans la fabrication des produits organiques; mais aussi, d'autre part, de quel profond sentiment n'est-on pas ému, quand on voit les êtres vivants, même les plus infimes, obtenir sans cesse, sans efforts, sans travail, des résultats auxquels le génie de l'homme ne peut atteindre!

Sans admettre que la vie combatte les lois que la chimie a établies, il faut bien néanmoins reconnaître, nous le répétons, que, dans les corps vivants, les phénomènes chimiques se présentent dans des conditions particulières. Ce qui caractérise surtout les combinaisons qui se rencontrent dans l'organisme vivant, c'est leur instabilité: elles se forment, se transforment, se détruisent sans cesse pour se reproduire de nouveau. On est parvenu à fixer l'image du boulet traversant l'espace, mais on ne parvient pas à fixer les éléments qui composent un organisme vivant. Quand la vie cesse, les combinaisons se détruisent. Le végétal le plus simple n'est pour le chimiste qu'un peu de carbone uni à un peu d'eau, dont la formule serait à peu près $C^{12}H^{10}O^{10}$; qu'il cesse de vivre, ses éléments constituants se désagrégent, ils entrent dans des combinaisons nouvelles, ils produisent de l'ulmine ou de l'humine, de l'acide ulmique ou de l'acide humique, etc., des substances enfin qui tendent à rendre à la nature inorganique les éléments qui la constituent.

La vie ne se maintient que par des combinaisons et des décompositions incessantes : ce n'est pas à dire pourtant que les actes chimiques constituent la *vie*, ce sont seulement les moyens qui servent à l'entretenir.— Sous quelle influence ces actes s'opèrent-ils? Faut-il admettre une cause, une force particulière et propre aux corps vivants qui préside à leur manifestation? Vient-on à entrer dans cette voie, ce n'est plus une force qu'il faut reconnaître, mais une multitude de forces diverses régissant tous les actes innombrables qui s'exécutent dans un organisme vivant. Quand la chimie procède à ses manipulations, elle emploie des agents nombreux qui se trouvent réunis sous les plus parfaites conditions dans l'économie vivante; les lois qu'elle établit

ne sont que l'expression des faits observés. Elle constate, par exemple, à l'aide de l'analyse, que l'eau est composée d'oxygène et d'hydrogène; elle prouve par la synthèse que l'oxygène et l'hydrogène, sous l'influence de l'étincelle électrique, forment de l'eau : elle n'en tire pas la conséquence qu'il y a dans ces deux gaz une force particulière qui préside à leur combinaison, ou bien si elle admet qu'ils se combinent en vertu de leur *affinité*, ce mot lui-même n'est que l'expression résumée des faits. Ainsi dans les êtres vivants : quand le chimiste voit se former de l'eau, de l'acide carbonique, de l'urée, de la graisse, de l'albumine, de la fibrine, etc., il montre quels sont les éléments qui entrent dans la composition de ces corps, il essaye de les reconstituer au moyen de ces éléments, et les résultats si admirables déjà obtenus sous ce rapport ne permettent pas de poser des limites que la science ne pourrait franchir. Dans notre opinion, il y aurait pourtant exagération grave à dire avec Lehmann (1) : « Comme on ne peut guère démontrer l'existence d'une *force* dite *vitale*, appartenant exclusivement aux corps organisés, tous les phénomènes propres aux êtres vivants doivent pouvoir s'expliquer par les lois de la physique et de la chimie; ces lois seules nous donnent la clef des phénomènes de la vie : aussi, dans un avenir peu éloigné, la physiologie animale sera-t-elle entièrement réduite aux seuls principes de physique et de chimie. »

La physiologie fera, comme elle fait déjà, la part de la chimie et de la physique dans les actes de la vie, mais elle continuera en outre à étudier les nombreux et importants phénomènes de la vie que ces sciences sont impuissantes à expliquer et qui ne sont pas de leur domaine.

Le rôle de la chimie, ainsi circonscrit, est encore immense et grandira sans doute encore. Déjà cette belle science a démontré l'existence des mêmes principes immédiats dans les deux règnes organiques. Elle a prouvé que les végétaux forment ces principes immédiats au moyen des éléments qu'ils puisent dans la nature inorganique, tandis que les animaux les prennent tout formés dans le règne végétal et se bornent à les assimiler.

Toutefois cette proposition ainsi formulée serait trop absolue. Les plantes tirent de l'air ou du sol, le carbone, l'hydrogène, l'oxygène et l'azote qui servent à constituer, chez elles, l'albumine, la fibrine, la caséine, la légumine, etc., principes azotés qu'en effet les animaux herbivores y trouvent tout formés, mais que pourtant ils ne s'assimilent qu'après leur avoir fait subir une foule de transformations. De même les carnivores trouvent ces mêmes principes dans la chair dont ils font leur nourriture, mais eux non plus n'absorbent pas directement ces principes immédiats tout constitués : ils les transforment pour leur usage avant de les convertir en leur propre substance. La force qui produit les matériaux organiques n'est donc pas exclusivement propre aux végé-

(1) *Précis de chimie physiol. animale*, trad. franç. par Drion. Paris, 1855, p. 7.

taux, mais la matière subit une série de transmutations pour passer de l'état brut à l'état de substance organique, et ensuite pour s'élever dans l'échelle des êtres. — Rappelons que, d'ailleurs, dans le règne végétal, s'il est des plantes qui peuvent trouver leur nourriture dans les corps simples de la chimie inorganique, il en est d'autres qui, à l'exemple des animaux, se nourrissent aussi de substances organiques, végétales ou animales : les engrais, que les produits chimiques ne remplacent pas exactement, ne sont autre chose que de la substance organique destinée à la nutrition des végétaux. Ici encore les espèces les plus inférieures servent à nourrir des espèces plus élevées ; les premières plantes qui apparaissent dans un terrain inculte sont destinées à constituer l'*humus* qui servira à la nutrition de végétaux supérieurs. On serait donc autorisé à dire, avec quelque exactitude, qu'il y a des végétaux herbivores de même qu'il y a des animaux carnivores.

Il importe d'ajouter que certains principes organiques, qui peuvent se rencontrer abondamment dans les animaux, n'existent point dans les végétaux, ou bien que d'autres y existent en quantité insuffisante, si on les considère dans leurs rapports avec l'alimentation des animaux : ainsi la chondrine ne se trouve dans aucune plante; ainsi la graisse, que l'on peut extraire du fourrage, ne suffirait pas pour produire celle qui est en si grande abondance quelquefois dans le corps des herbivores, etc.

En résumé, la matière inorganique entrée dans la vie subit une série de modifications qui tendent à l'élever sans cesse davantage, à la vitaliser de plus en plus, jusqu'au moment où, ses transformations une fois accomplies, elle retourne à la matière brute pour recommencer un nouveau cycle de vie.

Il ne nous est pas plus donné de concevoir que la matière ait été formée du néant que de comprendre qu'elle y doive retourner. Nous la voyons changer seulement de forme, de manière d'être, acquérir des qualités nouvelles, et par cela même nous sommes portés à la considérer comme éternelle. Au contraire, la vie, que nous avons vue apparaître sur notre globe à une époque où les corps bruts existaient depuis longtemps, ne présente à nos yeux qu'une durée passagère. Les corps vivants, végétaux ou animaux, n'ont qu'un temps : ils naissent, vivent et meurent; trois termes plus ou moins distants qui n'ont qu'une durée imperceptible dans l'éternité. Mais les corps vivants eux-mêmes sont formés par de la matière brute, matière qui persiste après la cessation de la vie. La mort n'est, par conséquent, que le retour à l'état inorganique des corps qui étaient doués de la vie : en effet, des continents sont en partie formés de débris d'animaux disparus, et des mines de charbon inépuisables sont le tombeau et le résidu de végétaux qui ont vécu. La vie communique à la matière des forces nouvelles, d'une durée limitée; elle cesse, et les êtres qu'elle caractérisait rentrent dans la matière brute. — Ainsi un cercle non inter-

rompu existe par l'échange continuel qui s'opère entre la nature vivante et la nature morte ; sans cesse la matière, dans ses innombrables transformations, passe d'un état à l'autre, et toujours elle persiste. Mais si nos sens peuvent constater l'existence indéfinie de la matière, notre esprit se refuse à admettre l'anéantissement de la vie. Les êtres vivants peuvent mourir, mais la vie ne meurt pas, elle se continue (en se transformant peut-être) d'une génération qui s'en va dans la génération qui la suit ; et si les éléments des êtres retournent à la matière brute, la matière brute à son tour entre dans la vie en constituant les êtres nouveaux que la vie anime. Ainsi considérée, la mort n'est pas un accident, elle est une conséquence nécessaire de la vie ; et, s'il était possible d'idéaliser les êtres dans une existence unique, on pourrait, en quelque sorte, regarder la mort comme une fonction de la vie.

Est-il besoin de faire observer qu'ici nous n'avons en vue que la matière des corps vivants, et que, dans les modifications imprimées à cette matière par la mort, nous nous gardons de confondre ce qui appartient au principe immatériel, c'est-à-dire à l'*âme?*

La physiologie, ayant pour objet l'étude des fonctions des êtres organisés, s'occupe de ce qui concerne le corps et laisse ordinairement en dehors de son domaine les actes psychiques, qui appartiennent à une autre science. Est-ce à dire que l'étude de la physiologie, comme on l'en accuse parfois, doive rendre matérialistes ceux qui la cultivent? Au contraire, à notre sens, la contemplation perpétuelle de l'ensemble des actes de notre organisme conduirait irrésistiblement à distinguer l'esprit de la matière, si cette distinction n'était primitive et inébranlablement établie.

Ainsi que nous l'avons dit, en commençant, la philosophie ancienne comprenait la physiologie ; aujourd'hui il pourrait être rationnel de faire de la philosophie une section de la physiologie. Mais chacune de ces sciences a un assez vaste champ d'exploration pour qu'elles doivent rester distinctes l'une de l'autre. Nous laisserons donc de côté, au moins ici (*), l'étude psychologique des êtres doués d'intelligence ou d'instinct. Aussi, jusqu'à présent, n'avons-nous comparé dans la nature que les trois règnes *animal*, *végétal* et *minéral;* si nous avions dû étudier les actes de l'intelligence, nous aurions pu, à l'exemple de quelques auteurs, en constituer un quatrième, le *règne humain*.

L'homme, en effet, par son intelligence, ne diffère pas moins du plus parfait des animaux que celui-ci des végétaux. De même que nous avons vu toutes les fonctions de la vie végétative et de la vie de relation se multiplier, se perfectionner d'une manière graduelle, et de là résulter des genres, des classes, des règnes de plus en plus haut placés dans l'échelle des êtres ; de même nous pourrions voir les actes de l'intellect se continuer depuis leur manifestation

(*) Voir, tome II, le chapitre intitulé : *Facultés instinctives, intellectuelles et morales.*

la plus humble jusqu'à la plus élevée. Mais, entre l'instinct le plus parfait et la raison humaine, il existera toujours un hiatus immense. Seul, l'homme est doué de la raison, cette faculté de connaître la vérité ; de la parole, cet instrument destiné à l'exprimer ; seul, il est perfectible. Seul encore, l'homme a des idées abstraites par lesquelles il s'élève jusqu'à la connaissance de la Divinité. Sous le rapport psychique, mais sous celui-là seulement, l'homme pourrait donc constituer un règne à part. — La physiologie a spécialement en vue les actes qui assimilent l'homme aux animaux ; à la psychologie, il appartient d'étudier et de faire connaître les facultés qui l'en séparent.

DE LA DIGESTION.

I. La fonction inséparable de tout organisme, la condition essentielle à la vie, c'est la *Nutrition*. Tout être soumis aux lois de la matière organisée n'entretient son existence qu'à l'aide d'un échange continuel avec les choses du dehors, en leur prenant et leur rendant sans cesse les éléments de ses organes : ainsi en est-il du végétal le plus simple et de la plante la plus parfaite, du dernier zoophyte et de l'animal le plus haut placé dans l'échelle zoologique. La nature de cet échange et les moyens organiques de son accomplissement sont, il est vrai, bien différents, mais la fin et le but du phénomène restent toujours les mêmes.

C'est à des sources intarissables, le sol et l'atmosphère, que puisent les êtres doués de la vie; c'est à ces mêmes sources qu'ils restituent, sous d'autres formes, les matériaux qu'ils en ont reçus. Pour les animaux, la condition d'existence est de consommer, de détruire, de *brûler* (1) continuellement ce qui est organisé, afin de s'organiser eux-mêmes; et l'animal, dans ce but, emprunte à l'air atmosphérique son *oxygène*, c'est-à-dire le même principe que les plantes y versent incessamment. Pour les végétaux, la condition de la vie repose sur un ordre de phénomènes tout à fait différents de l'oxydation ou combustion lente : le végétal, sous l'influence de la lumière du soleil, organise ce qui n'est point organisé, ce qu'on pourrait nommer la matière brute, et, avec elle, compose des principes organiques très divers, en laissant dégager de l'oxygène si indispensable au règne animal.

Ainsi, tandis que la plante va réduisant sans cesse des substances oxygénées qu'à l'aide de ses forces essentielles elle convertit en matière organique ou bien en sa propre substance, l'animal va brûlant ou oxydant toujours cette même matière, soit qu'il l'ait empruntée directement à la plante, soit qu'il l'ait reçue médiatement en se nourrissant de la chair des herbivores. Il en résulte que, transitoirement devenue organique, la matière inorganique traverse successivement plusieurs organismes, avant de revenir à son état primitif et d'être rendue au sol et à l'atmosphère, milieux d'où tout provient, où tout retourne, et auxquels le règne animal se lie d'une manière si étroite par l'entremise du végétal.

Mais, à l'aide de leurs racines et de leurs feuilles, si les plantes peuvent absorber directement dans ces milieux, sous la forme liquide ou gazeuse, les éléments de leurs tissus, il n'en est pas de même de la généralité des animaux, dont les aliments, presque toujours pris à l'état solide ou de suspension, nécessitent une opération préparatoire à leur absorption. De là, pour l'immense majorité des animaux, la présence obligée d'une cavité intérieure dans laquelle la matière alimentaire puisse

(1) Dans l'acception qu'on donne à ce mot depuis Lavoisier.

séjourner, s'élaborer et se dissoudre ; de là aussi l'existence d'une fonction qui leur est particulière, la DIGESTION.

Avec cette importante fonction, *qui a pour but immédiat d'extraire des aliments les principes de réparation et de rendre ceux-ci propres à être absorbés et versés dans le torrent circulatoire*, commence la série des transformations successives que doivent éprouver les aliments pour passer à l'état de *matière nutritive* ou assimilable.

Or, cette transformation ultime est bien loin de se produire dans le tube digestif lui-même ; au contraire (en exceptant toutefois ceux des animaux que leur organisation moins parfaite place au bas de l'échelle), elle est le résultat de plusieurs fonctions dont la digestion peut être regardée comme le premier temps et comme la source, en ce sens qu'elle leur fournit les matériaux de leur travail. En effet, ces éléments réparateurs que la *digestion* isole des substances alimentaires, que l'*absorption* a mission d'introduire dans le torrent de la *circulation* directement par les veines ou indirectement par les chylifères, ne continuent-ils pas, pour la plupart, dans ces vaisseaux eux-mêmes, leurs associations nouvelles, leurs changements de nature et de composition commencés dans le tube digestif? Et ce sang, tout régénéré qu'il est par un semblable mélange, ne va-t-il pas encore se modifier profondément dans son passage à travers l'appareil de la *respiration*, se transformer de nouveau dans le système capillaire général, dans les glandes et dans l'épaisseur de tous les tissus (*sécrétions, calorification*, etc.), toujours par l'intervention puissante du même agent, l'oxygène atmosphérique?

Aussi, avant que de nouveaux produits digestifs se soient hématisés, qu'ils soient devenus à leur tour le sang propre à fournir le vrai *liquide nutritif* (1), que de décompositions et de métamorphoses diverses dont la Chimie, parfois seulement, pourra donner ou pressentir l'explication! On le voit, le sang est ainsi devenu le milieu, l'agent essentiel de tous les phénomènes de nutrition : c'est lui qui, dans son parcours, recrute les éléments sans cesse élaborés par les voies digestives pour le reconstituer, et qui dépose, dans les tissus, des matières assimilables ; c'est lui aussi qui reçoit, pour les conduire vers les organes d'élimination, les matériaux usés par le mouvement de la vie et devenus nuisibles à l'organisme. Il représente donc un fluide à la fois réparateur et épurateur, dont le renouvellement et la destruction continuels, confiés à la *digestion* et à la *respiration*, sont les deux conditions fondamentales de l'existence des animaux.

D'après ce qui précède, il devient aisé de concevoir que tant de transformations diverses, desquelles doit résulter la transmutation définitive des aliments en suc nutritif, ne puissent être rigoureusement localisées, et que le tube digestif n'en soit, pour ainsi dire, que le point de départ. Quoi qu'il en soit, ce n'est qu'après leur accomplissement que chaque partie organique peut prendre, j'allais dire *choisir*, dans ces matières ainsi préparées, ce qui convient à sa nature et à sa destination particulière, le fixer en lui communiquant les propriétés qui lui manquaient et dont elle-même est douée, en un mot, se l'*assimiler*. Ce dernier acte est, en grande partie, le secret de la vie, et l'on a nommé *vitale* la force inconnue qui l'opère. La force vitale préside à toute cette succession et à cet ensemble de phénomènes qui, sans elle, cessent ou de se reproduire ou de s'enchaîner dans

(1) Ou *suc nourricier, lymphe coagulable, lymphe plastique* : c'est la partie liquide du sang ou plasma, celle qui s'échappe par transsudation à travers les parois des vaisseaux capillaires spécialement.

leur ordre : aussi toujours est-on obligé de la reconnaître derrière ces forces mécaniques, physiques et chimiques dont elle se sert et qu'à son profit elle utilise si bien.

Tel est l'ensemble des fonctions nutritives sous un point de vue très général ; tels sont les rapports réciproques et l'enchaînement mutuel de toutes ces fonctions qui, commençant à la *digestion*, aboutissent à l'*assimilation*, c'est-à-dire dont le but final est de transformer, puis de fixer, pour un temps variable, dans les tissus vivants à entretenir ou à accroître, les substances du dehors introduites dans l'organisme.

II. Maintenant il nous faut entreprendre l'étude détaillée de tous les phénomènes organiques, physiques et chimiques qui se rattachent à la digestion, étude aussi pleine d'attraits pour le physiologiste qu'elle est féconde en applications pour le médecin.

Un coup d'œil général sur l'*appareil de la digestion*, dans la série animale, nous a paru d'abord nécessaire. Quant aux détails de texture qui offrent un véritable intérêt physiologique, ils reviendront plus tard lors de la description de chacun des actes digestifs en particulier.

Deux sensations distinctes, la *faim* et la *soif*, sollicitent et assurent le périodique retour de l'ingestion des aliments solides et des aliments liquides. Leur étude, et surtout celle des *aliments*, devra précéder l'exposé des divers phénomènes digestifs dont les uns constituent la *partie mécanique*, et les autres la *partie chimique* ou essentielle de la digestion. Pour mieux comprendre la nature des altérations que les divers aliments éprouvent au sein de l'appareil digestif, et aussi leurs élaborations ultérieures, il importe, en effet, au physiologiste de bien connaître les différences de propriétés, de constitution, d'origine et d'usage des substances alimentaires : sur ces importantes notions se fondent d'ailleurs les lois qui doivent dicter le choix le plus rationnel de ces substances.

DE L'APPAREIL DE LA DIGESTION DANS LA SÉRIE ANIMALE.

Nous avons vu que tout être organisé, végétal ou animal, a la propriété de réagir sur les éléments qui l'entourent, d'associer ces éléments en combinaisons nouvelles et de les transformer en sa propre substance. Or, au bas de l'échelle zoologique, on rencontre quelques animaux qui n'ont point de tube digestif (*Spongiaires*, *Infusoires astomes*, plusieurs *Helminthes*), et qui, par conséquent, reçoivent les matériaux de leur nutrition à peu près à la manière des plantes ; c'est-à-dire que les substances extérieures pénètrent tous les points de la surface avec laquelle elles sont en contact, et de là se répandent de proche en proche par imbibition et par endosmose. Chez d'autres animaux, dont l'organisation est un peu moins imparfaite, on découvre, il est vrai, une cavité alimentaire ; mais celle-ci ne consiste d'abord qu'en une bouche et un simple sac stomacal sans anus. Elle n'offre point d'ailleurs de parois distinctes, et ne représente rien autre chose qu'une excavation dans la masse même du corps. De plus, comme il n'existe pas encore de système vasculaire qui se distingue des autres organes par des parois propres, le produit liquide de la digestion semble devoir exsuder de la précédente cavité, pour passer directement dans le parenchyme organique, et peu à peu s'y infiltrer. Mais plus on s'élève vers d'autres embranchements (*Vers*, *Mollusques*, *Articulés*, *Vertébrés*), plus se multiplient les organes qui coopèrent à la digestion, et, avec eux

les actes qui doivent en compléter les résultats. C'est ainsi qu'on voit le tube digestif, en s'allongeant, se replier souvent sur lui-même ; s'armer, à son entrée, d'instruments de broiement ou de dilacération de plus en plus puissants, s'adjoindre aussi des organes sécréteurs de plus en plus complexes et nécessaires au perfectionnement de la fonction ; sans compter les deux ordres de canaux, *veineux et chylifères*, à l'aide desquels se fait l'absorption digestive, dans les vertébrés comme chez l'homme.

Du reste, si, relativement à sa disposition, à sa structure et au nombre des organes qui le composent, l'appareil digestif présente une étonnante diversité dans les différents groupes d'animaux, on ne saurait méconnaître que sa complication ne soit dans un rapport remarquable avec le degré de développement des organes des sens, du système nerveux et des organes locomoteurs, avec la multiplicité ou l'énergie de leurs manifestations actives. En effet, ce sont les manifestations d'activité de ces trois séries d'appareils qui contribuent surtout à accélérer la consommation et le renouvellement de matière que nécessitent l'entretien et l'exercice de la vie. Par conséquent, plus les phénomènes dépendants des précédents organes sont intenses et multipliés dans un animal, plus aussi il a besoin que l'action de son appareil digestif soit puissante pour servir à l'accomplissement ultérieur de toutes les fonctions nutritives et au renouvellement des matériaux de l'organisme.

Les *Infusoires* se nourrissent, les uns en introduisant à l'intérieur de leur corps des aliments solides, et les autres en absorbant par leur surface entière certaines substances liquides ou gazeuses. Parmi ces derniers, figurent les Astomes, qui n'offrent aucune trace d'ouverture buccale ni d'un appareil digestif quelconque, alors même qu'on a pris la précaution, pour rendre ces animalcules plus faciles à observer, de les nourrir de matières colorées avec l'indigo et le carmin, d'après la méthode ingénieuse de Gleichen (1). Le genre Opalina, qui comprend des espèces très grandes et visibles à l'œil nu, confirme bien la négation précédente.

Quant aux infusoires, qui ingèrent des aliments solides, ils sont pourvus d'une bouche, le plus souvent ciliée, et d'un canal qui s'enfonce dans le parenchyme de leur corps ; canal souvent terminé par un anus qui livre passage au résidu alimentaire. Du reste, quand l'anus manque, la bouche peut servir alternativement d'orifice, d'entrée et de sortie. C'est dans cette catégorie d'infusoires que Ehrenberg (2), après avoir employé la méthode d'alimentation souvent mise en usage par Gleichen, affirme avoir reconnu l'existence de plusieurs poches stomacales ; d'où le nom de *polygastriques* qu'il a donné à ces animalcules.

Dans les *Polypes*, tantôt l'appareil digestif consiste en une bouche et un simple sac stomacal sans anus (*Anthozoaires*) ; tantôt, devenu plus complexe, il est formé par un canal perforé à ses deux extrémités, alternativement renflé ou rétréci, dans lequel on peut établir la division en œsophage, estomac et intestin (*Bryozoaires*). Comme annexe plus ou moins confondue avec le tube digestif des polypes, on a même admis déjà des cellules hépatiques.

Ordinairement la bouche des polypes est environnée de tentacules contractiles et pourvus de cavités tubuleuses qui communiquent avec la *cavité du corps* de l'animal.

(1) *Abhandlung über die Saamen und Infusionsthierchen*, année 1778, p. 140.
(2) *Die Infusionsthierchen als vollkommene Organismen*. Leipzig, 1838. — Voir aussi les *Mém. de l'Acad. de Berlin*.

Les polypes, munis de bras ou tentacules, s'en servent pour saisir leurs aliments, et ils y parviennent soit par les courants qu'ils excitent avec les cils vibratiles de leurs bras, soit à l'aide d'organes préhensiles propres à certaines espèces (1).

Chez ceux des polypes qui n'ont qu'un sac stomacal avec un orifice unique (Anthozoaires), ce sac est parfois confondu avec la masse du corps lui-même, dont il paraît n'être qu'une simple excavation; mais habituellement il en est plus ou moins isolé et distant. Le sac stomacal des polypes à bras présente bien réellement *une paroi* particulière et propre à le séparer nettement du reste du corps, qui toutefois la tient étroitement embrassée. On ne trouve pas de cavité du corps chez les hydres; aussi les cavités tubulaires de leurs tentacules viennent-elles s'ouvrir directement dans l'estomac. De Quatrefages (2) a démontré qu'il en est de même chez l'*Eleutheria*. Mais, dans la plupart des anthozoaires, il existe une *cavité du corps*, c'est-à-dire un intervalle compris entre la face interne de la paroi du corps de l'animal et la face externe de son estomac, intervalle dans lequel on suppose que les matières nutritives, suffisamment élaborées, peuvent passer et séjourner préalablement à leur absorption. Du reste, le suc gastrique des *Anthozoaires* paraît avoir une puissance digestive bien remarquable : les Actinies, par exemple, se nourrissent de crustacés pourvus du test le plus dur; et, même chez les hydres, qui sont molles, les larves des Naïs et des Chirononomus, avalées par ces animaux, crèvent, se divisent et se liquéfient dans un très court espace de temps : les parties cornées et non digestibles de ces animaux, comme l'épiderme, les soies, les crochets, les mâchoires, etc., sont seules rejetées par la bouche.

Quant au tube digestif des *Polypes bryozoaires*, qui se compose distinctement d'un œsophage, d'un estomac et d'un canal intestinal, il est flottant dans la spacieuse cavité de leur corps, et toute sa surface interne est tapissée d'un épithélium vibratile qui agite vivement le contenu de l'appareil. Cette surface est ordinairement teinte en brun, en jaune ou en vert, par suite de la présence de cellules pigmentaires spéciales qui ont été assimilées à des *cellules hépatiques*.

Dans les *Acalèphes*, la bouche, souvent aussi environnée de tentacules, est tantôt simple, tantôt multiple, et la cavité alimentaire n'est point suspendue dans une cavité du corps, mais comme creusée dans sa masse. Quand la bouche est unique, elle aboutit à une cavité digestive plus ou moins vaste, qu'on peut regarder comme un estomac, et qui parfois présente des prolongements en forme de cæcums. Lorsqu'il existe plusieurs bouches, comme chez les Rhizostomides, on voit aboutir à une cavité gastrique centrale plusieurs conduits creusés dans les tentacules sur lesquels se trouvent les orifices buccaux. Dans d'autres espèces, chacun de ces orifices communique avec un estomac particulier tubuleux; et comme, dans ces cas, on a constaté que les appendices tentaculaires absorbent des aliments à la manière de suçoirs et les digèrent, on en est venu à considérer leurs ouvertures comme des bouches, et leurs cavités tubulaires comme des poches stomacales. Il

(1) Les organes préhensiles, dont il s'agit, distincts des organes urticaires, consistent ordinairement en une petite capsule coriace de laquelle les polypes peuvent faire sortir une soie roide ou une sorte d'aiguillon.

De Quatrefages (*Ann. des sc. nat.*, t. XVIII, p. 276 et 283, pl. VIII, année 1842) a surtout bien décrit et figuré les organes préhensiles de cette nature qu'on observe sur les tentacules renflés en massue des *Eleutheria*.

(2) *Loc. cit.*

en est ainsi chez les *Physalia*, les Dyphies, et, d'après Milne Edwards (1), chez les *Stephanomia*, etc.

Le tube digestif des *Échinodermes*, au lieu de sembler n'être qu'une excavation de la masse du corps, comme dans la classe précédente, est au contraire parfaitement isolé de la cavité de ce dernier, dans laquelle il se trouve fixé à l'aide d'une sorte de mésentère. La bouche est centrale dans la plupart des espèces; quant à l'anus, sa position est très variable. Entre ces deux orifices, le canal alimentaire décrit en général un trajet assez long et plus ou moins sinueux. Mais, dans les Astéroïdes, ce canal forme, au centre de l'animal, une vaste poche qui envoie ou non des prolongements dans les rayons. La face interne de cette poche et de ses appendices, comme l'ont observé surtout Scharpey (2) et Valentin (3), présente un mouvement ciliaire des plus apparents.

Chez les Sipunculides et les Holothurioïdées, il existe un appareil tentaculaire qui paraît servir à la préhension des aliments, mais aussi à la respiration et à la locomotion. Un *appareil de mastication* des plus remarquables se rencontre dans la bouche des Clypéastrides et surtout dans celle des Échinoïdes, qui, sous ce rapport, se trouveraient placés assez haut dans l'échelle animale : leur canal alimentaire décrit d'ailleurs d'assez nombreuses circonvolutions, tandis que celui de la *Synapta Duvernea* (4), par exemple, ou de la *Chirodota fusca*, est presque droit ou à peine contourné.

Les prolongements de la poche stomacale ou *cæcums radiaux*, chez les Astéroïdes, ont été regardés comme des *annexes hépatiques*, par la raison que leurs parois offrent beaucoup de vésicules qui sécrètent un liquide de couleur jaune. D'après les figures que Valentin (5) a données de la structure intime des membranes digestives de l'*Echinus*, celles-ci seraient tapissées intérieurement d'un épithélium à cellules hépatiques, analogue à celui des Polypes. Quant à des *organes salivaires*, on a cru pouvoir regarder comme tels, chez les Holothurines, des petits corps blancs et plus ou moins nombreux qui s'insèrent, par des pédicules courts, sur la partie antérieure du tube alimentaire.

Dans plusieurs groupes d'*Helminthes*, tels que les Acanthocéphales, les Cystiques et les Cestodes, c'est seulement à travers la surface tégumentaire que les matériaux nécessaires à la nutrition semblent pénétrer par imbibition et endosmose; car, jusqu'ici, c'est vainement qu'on a cherché à démontrer, chez ces animaux, l'existence d'un tube digestif ou d'une ouverture buccale. Les ventouses des *Tænia* et des *Cysticercus*, les cupules de succion des *Bothriocephalus*, qui avaient été prises pour des orifices buccaux, paraissent être closes dans leur fond. Plusieurs anatomistes se refusent aussi à admettre une bouche sur l'extrémité céphalique des Cestodes ou sur celle du *Tænia solium*. Il n'est pas non plus bien démontré que les *Echinorhynchus* absorbent leurs aliments par un petit orifice de l'extrémité de leur trompe, ni que la gaîne de cette dernière contribue à cet acte comme organe de succion et de déglutition.

Mais, dans les autres Helminthes, existe un appareil digestif facile à reconnaître.

(1) *Ann. des sc. nat.*, 2ᵉ série, *Zool.*, t. XVI; 1841.
(2) *Cyclopædia of Anatomy*, etc., t. I, p. 616.
(3) WAGNER'S *Handwoerterbuch der Physiol.*, 1842, t. I, p. 493.
(4) DE QUATREFAGES, *Ann. des sc. nat.*, t. XVII; 1842.
(5) *Monogr. d'Echinodermes*, etc., par Agassiz. Neufchatel, 1842, 4ᵉ livr., pl. VII, fig. 126, 131 et 133.

Chez les Trématodes, on trouve, à la suite d'une ouverture buccale et d'un œsophage, deux tubes intestinaux qui, longeant les côtés du corps, aboutissent ordinairement à son extrémité postérieure, où, dans certaines espèces, ils se terminent en culs-de-sac. D'autres fois ces deux tubes intestinaux se joignent en arc de cercle. Quand il n'existe qu'un seul intestin, ou bien il se termine en cæcum, comme chez le *Gasterostomum fimbriatum* et l'*Aspidogaster*, ou bien il aboutit à un anus, comme chez le *Pentastomum*.

L'orifice buccal, dans plusieurs espèces de l'ordre des Nématodes, est garni d'un cercle de dents cornées (1). Il est, au contraire, quelques Nématodes et Gordiacées qui semblent dépourvus de bouche, et dont le canal intestinal est remplacé par une série d'utricules allongées adhérentes ensemble (*Sphærularia Bombi*) (2); dans d'autres espèces, on ne peut même découvrir aucune trace d'organe digestif (*Filaria rigida*, etc.) (3).

Les *Rotifères* sont pourvus d'un appareil digestif qui offre un assez grand développement. C'est entre les organes rotatoires que la bouche est située, de manière que le tourbillon produit par ces organes y aboutisse directement : on voit, en effet, l'animal avaler ou rejeter ensuite, à son gré, les corps solides entraînés par ce tourbillon. Il existe aussi un appareil masticateur formé par deux mâchoires qui sont armées d'une ou de plusieurs dents, et que des muscles spéciaux amènent à se rapprocher latéralement. Dans quelques espèces, le pharynx, qui renferme l'appareil masticateur, peut le porter en avant et même faire saillie hors de l'orifice buccal ; alors les dents peuvent servir, en guise de pince, à la préhension des aliments. En général, le tube intestinal présente des parois assez épaisses depuis l'estomac jusqu'à une certaine distance de l'anus, et décrit peu de flexuosités. Quant à la courte portion de l'intestin qui correspond au *rectum*, ses parois sont plus minces et se laissent facilement distendre par le résidu alimentaire : son orifice donne passage non-seulement aux fèces, mais encore au contenu des organes génitaux et du système aquifère.

On trouve quelques traces d'organes destinés à sécréter des liquides qu'on suppose être les analogues de la salive et de la bile.

Dans les *Annélides*, dont le tube digestif est perforé à ses deux extrémités, la *bouche* est le plus souvent bordée de lèvres épaisses qui peuvent saisir les aliments quand ils sont solides et très divisés, ou bien contribuer à leur succion quand ils sont liquides. D'autres fois, l'ouverture buccale est munie de cirrhes très érectiles ou de tentacules servant à la fois au toucher et à la préhension des aliments.

Indépendamment de l'espèce de lèvre supérieure qui, dans les Hirudinées, peut se transformer en ventouse, à la volonté de l'animal, pour servir à la succion d'aliments liquides et en particulier du sang, on remarque aussi, dans le court pharynx d'un certain nombre d'entre elles, des dents cornées qui leur servent à faire des blessures pour obtenir le sang avec plus de facilité. Dans le fond du pharynx des Sangsues, par exemple, existent trois renflements charnus dont le bord saillant est arqué et garni de dents cornées bicuspides (4). Ces renflements sont, pendant la

(1) MEHLIS, dans le journal l'*Isis*, 1831, p. 78, pl. II, fig. 5 et 6.
(2) SIEBOLD, dans *Wiegmann's Arch.*, 1838, t. I, p. 305.
(3) SIEBOLD, dans *Müller's Arch.*, 1836, p. 33.
(4) MOQUIN-TANDON. Voir son excellente Monographie de la famille des *Hirudinées*, p. 43, pl. I à V. Paris, 1827.

succion, portés en avant, de manière à former une étoile à trois rayons, forme qui est aussi celle des blessures que ces animaux produisent.

Le canal intestinal des Annélides est ordinairement droit et occupe l'axe longitudinal de l'animal. Ses parois sont intimement unies au parenchyme du corps, dans les Némertines, où l'on voit ce canal se rendre directement du pharynx à l'anus sans se dilater, sur son trajet, en un estomac. Il varie beaucoup dans les Hirudinées, surtout sous le rapport du nombre et du volume des cæcums qui lui sont annexés (1) ; l'anus est très étroit et situé sur le dos, immédiatement au-dessus de la ventouse postérieure. Chez les Piscicola, cet orifice se trouverait, par exception, à la face ventrale du dernier segment du corps (2). Parmi les Abranches, les *Lumbricus* et la *Naïs proboscidea* se font surtout remarquer par leur estomac très musculeux. Dans plusieurs Dorsibranches, la portion du canal digestif, comprise entre le pharynx et l'intestin, reçoit les conduits excréteurs d'organes glandulaires, et, par conséquent, mériterait moins le nom d'œsophage que celui d'estomac (*Nereis*) (3).

Quant à ces organes glandulaires que, du reste, on trouve annexés au tube digestif d'un grand nombre d'Annélides, ils ont été assimilés, les uns à la glande hépatique, et les autres aux glandes salivaires. Dans la Sangsue, en particulier, il serait peut-être permis de considérer, avec Brandt (4), comme des glandes salivaires abdominales, plusieurs groupes de corpuscules arrondis qui enveloppent le commencement de l'intestin de ces animaux, et dont les conduits excréteurs, après s'être anastomosés entre eux, viennent s'ouvrir dans cette portion de l'intestin par plusieurs orifices. C'est aussi vers l'origine du canal intestinal que, chez plusieurs Dorsibranches, on rencontre deux glandes qui sont supposées sécréter un suc pancréatique. Ce même canal, dans la plus grande partie de sa longueur, est étroitement entouré, chez la plupart des Annélides, d'une couche glandulaire colorée en jaune verdâtre, et composée de nombreuses utricules qui y versent leur contenu, soit directement, soit médiatement, à l'aide de plusieurs conduits excréteurs communs. Ce contenu a été regardé comme ayant la plus grande analogie avec celui des canaux hépatiques des animaux supérieurs. La couche glandulaire dont il s'agit est surtout bien distincte, d'après Henle (5), chez l'*Enchytræus*, les *Lumbricus*, les *Lumbriculus*, *Naïs*, *Chætogaster*, etc. Dans les sangsues, les conduits excréteurs des utricules hépatiques s'anastomosent entre eux et forment ainsi une espèce de réseau autour de l'estomac et de ses cæcums (6).

Les *Acéphales* ont un tube digestif toujours muni de deux orifices, buccal et anal, qui se voient, non à la surface du corps, mais dans la cavité circonscrite par le manteau ; le premier de ces orifices, pourvu souvent de tentacules et toujours de lèvres plus ou moins renflées, n'offre aucun appareil de mastication. L'absence de cet appareil s'explique d'ailleurs par la manière de vivre de ces animaux, leurs aliments consistant en vase et en très petits corps organiques qui sont introduits en même temps que l'eau.

Un épithélium vibratile, des plus apparents, s'observe à la surface interne du

(1) Moquin-Tandon, *Ouv. cit.*, pl. I à IV.
(2) Mueller's *Arch.*, 1835, p. 420.
(3) Rathke, *De Bopyro et Nereide*, p. 35, pl. II, fig. 7 et 8.
(4) *Medic. Zool.*, t. II, p. 247, pl. XXIX.
(5) Mueller's *Arch.*, 1837, p. 81, pl. VI. — *Même recueil*, 1835, p. 575.
(6) Brandt, *Medic. Zool.*, p. 247, pl. XXIX.

tube digestif qui, très réduit dans les *Salpa*, acquiert un grand développement, surtout dans les Lamellibranches. Là existe un estomac volumineux dont l'intérieur offre des papilles, et semble être perforé par plusieurs canaux biliaires. Quant au canal intestinal, qui tantôt décrit une simple courbure et tantôt donne lieu à plusieurs circonvolutions, il est parcouru intérieurement, dans toute sa longueur, par une forte saillie longitudinale qui augmente considérablement sa surface. Dans la plupart des espèces il traverse le cœur.

La masse glandulaire antérieure qui, chez les *Lingula*, aboutit au canal digestif, a été regardée par Cuvier (1) et Vogt (2) comme une glande salivaire. Suivant Owen (3), qui combat cette manière de voir, tous les organes glandulaires qui, chez les Brachiopodes, sont annexés au tube digestif, appartiendraient à la catégorie des glandes hépatiques. Du reste, le foie présente un volume considérable chez les Lamellibranches, comme l'ont surtout constaté Bojanus (4) et Poli (5) ; il est composé de plusieurs lobes dans lesquels on aperçoit facilement les *acini* qui sont formés de cellules hépatiques d'un brun jaunâtre.

L'appareil digestif des *Céphalophores*, relativement à celui des animaux des précédentes classes, offre un développement assez considérable. La bouche, rarement munie d'organes spéciaux de préhension, est bordée de lèvres très contractiles qui, dans beaucoup d'espèces de Pectinibranches, se prolongent en une trompe cylindrique. Puis, au plancher du pharynx, on voit apparaître une masse charnue plus ou moins allongée, qui a pu être très bien comparée à une *langue*. Celle-ci est déjà très longue dans la plupart des *Apneustes* (6), et, chez les *Patella*, elle surpasse presque le corps en longueur ; d'après Quoy et Gaymard (7), elle est même sept fois plus longue que l'animal chez le *Trochus pagodus*. Cet organe, qui d'ailleurs est rétractile et peut servir d'organe d'ingestion, est constamment armé d'épines fines et nombreuses dont le sommet se dirige en arrière.

En général, le tube digestif décrit plusieurs circonvolutions qui, selon Cuvier, sont surtout nombreuses chez les *Patella*, *Haliotis* et *Chiton*. Il est exceptionnellement très court et peu flexueux chez les *Tritonia*, *Thetys*, *Buccinum*, *Clio*, *Carinaria* et *Janthina*. Son orifice terminal, l'anus, s'aperçoit dans des régions assez variables ; mais le plus ordinairement il est situé à la partie antérieure du côté droit du corps. Il n'est pas rare de voir l'intérieur de l'*estomac* lui-même garni de lamelles et de dents cornées, comme cela a lieu chez certains *Pleurobranchus*, ou bien encore chez les *Scyllæa*, les *Tritonia* et surtout les *Aplysia*.

L'estomac des *Apneustes*, accompagné de plusieurs appendices cæcaux, est immédiatement suivi d'un rectum court et aboutissant à un anus ordinairement visible au côté droit de la partie antérieure du corps (8).

La plupart des *Céphalophores* offrent des organes biliaires et des organes sali-

(1) *Mémoire sur l'animal de la Lingule.* Dans les *Ann. du Mus. d'hist. nat.*, 1802, t. I, p. 69.

(2) *Anat. der Lingula anatima.* Dans les *Neue Denkschrift. der allgem. Schweizerischen Gesellsch. für die gesammt. Naturwiss.*, 1843, t. VII, p. 1, pl. I et II.

(3) *On the Anat. of the Brachiopoda.* Dans les *Transactions of the Zool. Soc. of London*, 1835, t. I, p. 145, pl. XXII et XXIII.

(4) Journal *l'Isis*, 1819, p. 42, 1820, p. 404, et 1827, p. 752.

(5) *Testacea utriusque Siciliæ eorumque historia et anatome*, in-fol., 1791-1795, pl. II, 15 et 16.

(6) De Quatrefages, *Ann. des sc. nat.*, 1844, t. I, pl. IV et V.

(7) *Voyage de la corvette* l'Astrolabe, *Zool.*

(8) Milne Edwards, *Ann. des sc. nat.*, 1842, t. XVIII, p. 330, pl. X.

vaires très manifestes. Parfois la substance hépatique, représentée par de nombreux follicules piriformes et remplis de cellules à noyaux jaunes, semble être encore confondue avec les parois intestinales ; mais, le plus souvent, le foie est tout à fait isolé, volumineux et divisé en plusieurs lobes dont les conduits excréteurs, en nombre variable, viennent aboutir soit à l'œsophage, soit, comme c'est le cas le plus ordinaire, à l'estomac ou à l'intestin. Pour les glandes salivaires, il y en a quelquefois deux paires, comme cela se voit sur plusieurs Gastéropodes. Mais communément on en trouve une seule paire dont les canaux excréteurs passent avec l'œsophage à travers l'anneau œsophagien, pour venir se terminer dans la bouche de chaque côté de la langue.

Une lèvre circulaire et frangée sur son bord libre, un appareil tentaculaire plus ou moins parfait entourent l'orifice buccal des *Céphalopodes*. Il existe, derrière ce dernier, deux mâchoires cornées qui sont mues par un appareil musculaire assez complexe, et, entre les deux branches de la mâchoire inférieure, se distingue la *langue*, garnie en avant de papilles gustatives molles et hérissée dans le reste de son étendue d'épines et de lamelles cornées. Derrière la racine de cet organe, aboutissent de courts conduits excréteurs provenant de *glandes salivaires* dont il existe ordinairement deux paires.

Avant d'être parvenu à l'estomac, l'œsophage s'élargit quelquefois graduellement en un *jabot* plus ou moins volumineux, comme chez le *Nautilus* et chez tous les Octopodes. Immédiatement à la suite de l'estomac, chez un très grand nombre de Céphalopodes, existe un cæcum qui a été considéré comme un second estomac par plusieurs zootomistes, et, par d'autres, comme l'analogue des appendices pyloriques des poissons ; puis le reste de l'intestin, court et rarement flexueux, aboutit à un anus dont les bords sont souvent frangés.

Indépendamment des glandes salivaires déjà mentionnées, les Céphalopodes possèdent un foie très nettement limité, et encore d'autres appendices glandulaires qui ont été regardés comme les analogues du *pancréas*. Quant au foie, il constitue, en général, une forte masse compacte, ovoïde, lisse et assez rarement lobulée, dont les conduits excréteurs, réunis en un canal cholédoque commun, versent le produit dans le cæcum ou second estomac. Ce sont les tubes glandulaires ramifiés, courts, et d'un jaune pâle, venant dans beaucoup d'espèces se réunir aux conduits hépatiques, que plusieurs anatomistes, Hunter, Grant, Rathke, Siebold, etc., ont assimilés au pancréas des animaux supérieurs.

Chez les *Crustacés*, l'orifice initial du tube digestif, la bouche, présente des dispositions qui varient suivant diverses circonstances. Ainsi, tandis que dans les Crustacés supérieurs s'observent une ou deux lèvres, de fortes mandibules munies d'un organe tactile nommé *palpe*, puis, derrière elles, deux paires de mâchoires plus faibles (sans compter les pattes préhensiles, les rames et les pattes anales qui dirigent les aliments vers cet orifice), on voit chez les Pœcilopodes, ces mâchoires, ces mandibules, tous ces moyens puissants de mastication tendre à disparaître pour faire place, dans les Crustacés suceurs en particulier, à une modification des lèvres, à leur prolongement en une sorte de trompe (1). C'est surtout chez les *Bopyrines* et les *Ergasilines* que les lèvres supérieure et inférieure sont soudées ensemble en une courte trompe sans mandibules ; les palpes eux-mêmes,

(1) Milne Edwards, *Sur l'organisation de la bouche chez les Crustacés suceurs*. Dans *Ann. des sc. nat.*, 1833, t. XXVIII, p. 78, pl. VIII.

qui représenteraient les mâchoires, ont entièrement disparu à peu d'exceptions près.

Excepté les Crustacés supérieurs, chez lesquels on peut diviser le canal digestif en œsophage, estomac, intestin et rectum, les autres animaux de cette classe offrent ce canal avec un calibre uniforme et absence complète de circonvolutions. A l'intérieur, il est tapissé d'un épithélium toujours dépourvu de cils vibratiles. Dans plusieurs Isopodes et Lœmodipodes, l'épithélium stomacal est garni de poils roides ou bien présente une dureté cartilagineuse, de sorte qu'il existe une véritable charpente et des *dents stomacales* destinées à exercer, dans l'estomac, une véritable mastication (*Oniscus*, *Idothea entomon*, *Ligidium*, *Cyamus*, etc.); mais c'est chez les Décapodes que ces dispositions sont surtout très développées. Chacun a vu ces concrétions composées de carbonate de chaux et de gélatine, concrétions dures, blanches, orbiculaires, aplaties et concaves d'un côté, convexes de l'autre, que l'on trouve, au nombre de deux, aux côtés de l'estomac de l'écrevisse à l'époque du renouvellement du test calcaire; elles sont connues vulgairement sous le nom impropre de *yeux d'écrevisse*.

On ne trouve guère de glandes salivaires que chez les *Myriapodes*. Quant au foie, dans la plupart des Crustacés inférieurs, il n'est pas encore isolé du canal digestif auquel il adhère sous la forme d'une couche glanduleuse. Chez les Décapodes, le foie forme deux masses glandulaires composées de cæcums plus ou moins ramifiés et lâchement unis entre eux ; c'est immédiatement en arrière du pylore que chacune de ces glandes verse son produit.

La plupart des *Arachnides* se nourrissant d'aliments liquides, ne sont point pourvus d'organes de mastication. Du reste, l'organisation de leur bouche présente des types assez différents :

Chez les Pélops, Oplophora, Damœus, Zetes, par exemple, et chez d'autres Oribates, qui, en leur qualité d'herbivores, occupent une place à part parmi les Arachnides, il existe des mâchoires cornées et dentelées bien réellement aptes à la mastication. Ce sont, au contraire, de véritables organes de succion qu'on observe chez les Tardigrades (1).

Munis de deux mandibules en forme de stylets, de crochets ou de pinces, propres à percer ou à couper, la plupart des Acariens présentent aussi, il est vrai, une première paire de mâchoires insérée sur les côtés des mandibules, mais complétement déchue du rôle d'organes masticateurs : devant agir comme organe tactile, elle a pris la forme de palpes. Elle n'a rien conservé non plus d'un appareil masticateur chez les Galéodes, les Pseudo-scorpions et les Scorpionides, où s'est opérée sa transformation en des espèces d'antennes ou en pinces très longues, aptes à écraser des substances animales d'une certaine mollesse.

C'est encore en organes tactiles très allongés chez les Aranéides, et en organes préhensiles chez les Phrynides, que s'est convertie la première paire de mâchoires.

Dans les Scorpionides et les Phrynides, le canal alimentaire est très simple : il consiste en un tube rectiligne, qui aboutit à l'extrémité postérieure du corps sans avoir présenté d'abord ni dilatation stomacale, ni cæcums. Au contraire, un estomac volumineux, divisé par une foule d'étranglements en un grand nombre de cæcums irrégulièrement disposés, s'observe chez les Tardigrades, en particulier (2).

(1) DOYÈRE, Dans *Ann. des sc. nat.*, 1840, t. XIV, p. 319, pl. XIII-XV.
(2) DOYÈRE, *Rec. cit.*, p. 324, pl. XV.

Dans les Aranéides, les Opilionines, les Acariens, les Solpugides, etc., on rencontre également un estomac muni d'un nombre plus ou moins grand d'appendices et cæcums, de formes et de dimensions les plus variées. Chez les Tardigrades encore, d'après Doyère (1), l'estomac se termine par un appareil musculeux qui, chez les *Macrobiotus* et *Emydium*, a la forme d'une sphère creuse, et, chez les *Milnesium*, celle d'un cylindre : cet appareil, dont on retrouve l'analogue chez les Aranéides, semble devoir agir comme un *appareil de succion*, pendant la préhension et la déglutition des aliments.

De chaque côté de l'appareil de succion se trouvent des tubes globulaires volumineux et lobulés, qui paraissent être des glandes salivaires. D'après Siebold, des organes ayant la même destination existent surtout chez les Ixodes : ce sont deux gros amas de vésicules qui occupent les côtés de la partie antérieure du corps et se jettent, par de courts conduits, dans des canaux excréteurs multi-ramifiés. Les anatomistes s'accordent d'ailleurs assez généralement pour admettre que les glandes salivaires ne manquent probablement à aucun Arachnide. Il en est de même pour le foie qui, très volumineux, spécialement dans les Aranéides, remplit une grande partie de la cavité abdominale et enveloppe la plupart des autres viscères.

Dans la classe si intéressante des *Insectes*, nous trouvons, comme organes appropriés à la préhension des aliments, soit les pattes antérieures, soit encore les palpes labiaux et maxillaires : ces derniers peuvent même servir à l'ingestion des aliments dans la cavité orale.

Deux paires de mandibules et de mâchoires plus ou moins recouvertes par une lèvre supérieure et une lèvre inférieure constituent l'*appareil masticateur*. C'est à la base de cette dernière lèvre qu'adhère la *langue* qui est tantôt charnue et tantôt cornée, simple ou divisée. C'est encore cette même lèvre inférieure qui, parfois se transforme en une trompe ou tube de succion (Diptères), ou bien qui se change en deux gouttières accolées l'une à l'autre, quadri-articulées et renfermant les mandibules et les mâchoires, comme on le voit chez les Hémiptères dont l'appareil de succion s'allonge en un *rostre*. Les mandibules ne sont plus que très rudimentaires, dans les Lépidoptères, tandis que les mâchoires se sont converties en deux demi-tubes susceptibles de s'enrouler en spirale et de former, en s'appliquant l'un contre l'autre, un organe de succion (*lingua spiralis*).

La disposition et la forme des diverses parties du canal digestif varient beaucoup suivant la manière de vivre des Insectes ; d'où l'extrême difficulté qu'on éprouve à en dire quelque chose de général. Néanmoins, si l'on veut prendre pour type fondamental les Insectes parfaits, on retrouvera chez eux presque toutes les mêmes divisions qu'on a coutume d'établir dans le tube digestif des vertébrés ; ce qui ne veut pas dire que les fonctions de ces différentes parties se correspondent absolument des deux côtés. Ainsi, ce canal commence par un œsophage souvent dilaté, à sa partie postérieure, en une espèce de *jabot* (Coléoptères, Orthoptères, etc.) et en un *gésier* (*proventriculus*) ; une vésicule à parois minces et affaissées sur elles-mêmes, dans l'état de vacuité, vient aussi parfois, sous le nom d'*estomac de succion*, s'aboucher avec l'œsophage (Hyménoptères, Diptères, Lépidoptères). Après celui-ci, apparaît l'estomac proprement dit (*ventriculus*) dont la capacité, la forme et les divisions sont si variables, puis un *iléon* grêle, un *cæcum*, un *côlon*

(1) Doyère, *Rec. cit.*, p. 322, pl. XIII-XV.

et un *rectum* court et musculaire. Étendu de la bouche à l'anus, le précédent canal tantôt franchit presque directement cet espace en suivant la ligne médiane (Coléoptères carnassiers), et tantôt décrit dans son parcours des circonvolutions assez nombreuses (Coléoptères herbivores). Par contre, le tube intestinal des Éphémérides, qui, à l'état parfait, ne prennent pas d'aliments, est à peine développé.

Chez tous les Insectes, on rencontre un corps composé d'une infinité de cellules adipeuses, le corps adipeux, qui, surtout développé vers la fin de l'état de larve, paraît être en rapport intime avec la digestion et l'assimilation.

On n'en trouve ordinairement des restes, dans les Insectes parfaits, que vers la partie postérieure de la cavité abdominale.

Il n'existe pas un *foie* distinct du tube digestif; mais les fonctions, confiées à cet organe, semblent devoir être remplies par une multitude de cellules hépatiques réparties à la surface interne de l'estomac, ou des appendices cæcaux dans les espèces qui les possèdent. De quelques couches glandulaires annexées à l'iléon, on a cru devoir faire l'analogue du *pancréas*. Quant aux glandes salivaires, elles existent non-seulement chez les Insectes à l'état parfait, mais encore chez les larves et les nymphes actives.

Les *Poissons* sont, en général, des animaux très voraces qui avalent, sans choix, tous les petits animaux qui se trouvent sur leur passage, et il en est peu d'espèces qui soient surtout herbivores. Aussi sont-ils presque tous munis de dents qui, d'après leur mode d'insertion et leur direction, semblent plutôt en rapport avec la sûre saisie de la proie qu'avec une véritable mastication. Ces dents présentent d'ailleurs la plus grande diversité dans leur nombre, leur situation, leurs formes et leur structure. On en rencontre, sur différents individus, qui sont soudées non-seulement aux deux mâchoires, mais encore aux os palatins, au vomer, au sphénoïde postérieur, à l'os hyoïde, aux os pharyngiens inférieurs et aux arcs branchiaux; elles peuvent aussi exister sur le museau et sur la langue.

La bouche des Poissons n'est avoisinée par aucune *glande salivaire*, malgré l'assertion contraire de Meckel et de Rathke qui ne paraît point avoir été admise par d'autres anatomistes.

Le tube digestif présente d'assez grandes variétés sous le rapport des dimensions et de la forme. Ce qu'on nomme l'*intestin antérieur* correspond au pharynx, à l'œsophage et à l'estomac; l'*intestin moyen* représente l'intestin grêle, et enfin l'*intestin postérieur* est l'analogue du rectum des vertébrés supérieurs: plusieurs caractères peuvent servir à tracer assez nettement leurs limites. Il est d'ailleurs bon de rappeler que la première de ces portions intestinales communique très fréquemment avec des appareils pneumatiques, tels que la vessie natatoire et un sac qui, chez certains Plectognathes, s'insère à la paroi antérieure de l'œsophage.

Dans beaucoup de Poissons, l'estomac est muni d'un cæcum très varié de forme et de volume; en arrière de la valvule pylorique, dont l'existence est presque constante, se voient les appendices pyloriques ou bien le canal excréteur du *pancréas* et le canal cholédoque. Les glandules de la muqueuse stomacale sont souvent très apparentes.

Dans certaines espèces, surtout celles qui sont très voraces, le canal alimentaire est court et marche presque directement de la bouche à l'anus (les Plagiostomes, les Salmones); il est plus long et décrit, au contraire, des circonvolutions nombreuses chez les Cyprins, beaucoup de Squammipennes et autres. Sur la muqueuse intes-

tinale s'observent des plis plus ou moins saillants sur lesquels on découvre, dans quelques espèces, de véritables villosités isolées.

Quant à l'anus, sa position varie beaucoup; quelquefois il se trouve à la base de la queue, et d'autres fois sur la gorge.

C'est dans la classe des *Poissons* que nous rencontrons, pour la première fois, la *rate* qui, en effet, n'appartient qu'aux animaux vertébrés. Cet organe, dont l'existence est à peine contestée dans quelques genres, est constamment situé dans le voisinage de l'estomac.

Un *pancréas* lobulé et entièrement semblable à celui des vertébrés supérieurs ne se rencontre guère que chez les Plagiostomes, les Chimères, ainsi que chez quelques Poissons osseux, spécialement l'*Anguilla vulgaris*. Dans d'autres Poissons, cet organe glandulaire est remplacé par des prolongements tubuleux de l'intestin ou *appendices pyloriques*. Toutefois il importe de noter que le pancréas et les appendices pyloriques manquent simultanément dans un assez grand nombre de Poissons, tels que les Ésoces, les Cyprinoïdes, les Lophobranches, les Plectognathes, la plupart des Labroïdes, etc.

L'existence du *foie* est constante dans cette classe d'animaux; et, à l'exception du seul *Branchiostoma lubricum*, où il est encore à l'état de couche glandulaire, confondu avec l'intestin comme dans des organismes inférieurs, cet organe constitue, chez les Poissons, une masse bien distincte, plus ou moins volumineuse et très diversement conformée. Presque constamment aussi il existe une vésicule biliaire dont le canal excréteur s'unit bientôt au conduit hépatique. Le canal excréteur commun ou cholédoque s'ouvre dans l'intestin, le plus souvent derrière le pylore, et, quand il existe des appendices pyloriques ou *pancréatiques*, au-dessus, au-dessous ou bien entre les orifices de ces dernières.

Les Poissons possèdent, comme les animaux supérieurs, des *vaisseaux lymphatiques* qui sont, en partie, destinés à absorber les produits de la digestion et à les verser dans le torrent circulatoire. C'est dans cette classe d'animaux qu'apparaît, pour la première fois, ce système particulier de vaisseaux.

La plupart des *Reptiles* sont carnivores et avalent leurs aliments sans les mâcher. Ils ont une bouche largement fendue et généralement armée de dents qui, comme chez les Poissons, servent plutôt à prendre et à retenir les aliments qu'à les diviser. Quelques-uns de ceux qui manquent de dents ont, comme les oiseaux, les mâchoires recouvertes de gaînes cornées (Chéloniens).

Aux environs des mâchoires des Reptiles, se trouve ordinairement une chaîne d'organes glandulaires qui versent dans leur bouche une salive gluante (1). Pour les amygdales, elles n'ont été trouvées jusqu'à présent que chez les Crocodiles.

Les Reptiles ont un estomac le plus souvent simple, c'est-à-dire à cavité unique, qui n'est pas toujours bien distinct de l'œsophage, mais dont la limite inférieure est communément indiquée par un étranglement assez prononcé de sa portion pylorique. Dans beaucoup d'espèces, on constate facilement que la muqueuse qui le tapisse est percée d'un grand nombre d'orifices glanduleux.

Le canal intestinal proprement dit est généralement assez court, excepté dans les espèces herbivores; le gros intestin est peu différent de l'intestin grêle et

(1) On sait que, chez les serpents venimeux, il existe, en outre, sous le muscle temporal, et de chaque côté de la tête, une glande particulière dont le produit s'écoule dans le conduit de la dent à venin.

aboutit à un cloaque où viennent se rendre aussi les canaux urinaires et les organes de la reproduction.

Tous les Reptiles possèdent une *rate* qui, variable dans sa forme, dans son volume et sa situation, se rencontre pourtant le plus ordinairement à côté de l'estomac ou à l'origine de l'intestin grêle.

L'existence du *pancréas* n'est pas moins constante. On reconnaît cet organe à sa forme plus ou moins allongée, à sa couleur, et au siége qu'il occupe vers le commencement de l'intestin grêle. C'est là aussi, aux environs du conduit cholédoque, que vient s'ouvrir le canal pancréatique qui résulte de la réunion de conduits excréteurs partiels, et qui, d'ailleurs, est rarement double.

Le *foie*, muni d'une vésicule du fiel libre ou enfouie dans la substance hépatique, est, en général, volumineux. Varié dans sa forme, il est tantôt plus ou moins globuleux et tantôt très allongé, comme chez les reptiles dont le corps lui-même est développé surtout en longueur. De ses lobes, dont le nombre ne s'élève pas au delà de trois, partent les divers conduits excréteurs concourant à former le canal hépatique, dont la réunion avec le canal cystique constitue le conduit biliaire commun ou cholédoque. Assez souvent ce dernier traverse le pancréas pour venir se confondre avec le canal pancréatique avant sa terminaison, qui se trouve habituellement très rapprochée du pylore; d'autres fois le fluide biliaire est versé directement dans l'intestin par le canal cystique et le canal hépatique qui ont chacun un orifice intestinal direct.

Les *Oiseaux* sont les uns carnassiers ou insectivores et les autres plus spécialement granivores.

Le bec est en général le principal organe qui sert à la préhension des aliments, quelquefois aussi les pattes sont employées à cet usage. Sa forme varie suivant la nature des aliments: plus ceux-ci sont mous, moins le bec offre de consistance. Au contraire il acquiert une très grande dureté chez les Oiseaux qui se nourrissent de fruits à coques dures (Perroquets, etc.), chez ceux qui déchirent leur proie (les Rapaces), ou encore chez les Pics, par exemple, qui, pour percer l'écorce des arbres, se servent de leur bec. Les bords tranchants de cet organe sont hérissés de dentelures latérales aiguës dans les Harles. Mais le bec n'est jamais armé de véritables dents chez aucun Oiseau; d'où une mastication très incomplète, à peu près nulle, qui est parfois remplacée par l'action énergique d'un estomac très musculaire, le *gésier*.

La langue des Oiseaux varie beaucoup dans sa forme et dans sa structure. Chez les Perroquets, qui font subir un commencement de mastication à leurs aliments, elle est épaisse, charnue et constitue un véritable organe de gustation; aussi est-elle munie de papilles molles et nombreuses. Elle est sèche, triangulaire et hérissée de pointes cartilagineuses vers sa base, chez la plupart des granivores. D'autres fois, comme chez les Pics, elle est protractile, garnie de petits crochets, et susceptible d'être dardée au loin sur les insectes dont ces oiseaux se nourrissent.

La bouche des Oiseaux est humectée par une salive généralement épaisse et gluante que sécrètent des amas de follicules arrondis placés surtout au-dessous de la langue. Mais il existe aussi, dans beaucoup d'espèces, des glandes conglomérées, correspondantes aux glandes sous-maxillaires, sublinguales et parotides des Mammifères. Chez les Rapaces, se rencontrent, comme analogues des amygdales, des

follicules plus ou moins nombreux et disposés sur deux rangées derrière l'orifice des trompes d'Eustache.

Le tube digestif présente une capacité qui est en rapport avec la nature du régime. Dans les Oiseaux carnivores, il est beaucoup plus court que dans ceux qui vivent spécialement de graines. Ordinairement le tube digestif présente trois estomacs distincts. Le premier est une poche à parois membraneuses, placée à la suite de l'œsophage vers la partie inférieure du cou; on le nomme *jabot*: très développé chez les granivores, il manque à un assez grand nombre d'oiseaux carnassiers, et spécialement à ceux qui se nourrissent de poissons. La seconde poche stomacale, ou *ventricule succenturié*, qui n'offre qu'un médiocre développement, a pourtant de l'importance au point de vue de la digestion, à cause du grand nombre de follicules qui s'y trouvent pour sécréter le suc digestif: son volume s'accroît chez les oiseaux qui sont dépourvus de jabot. Quant au troisième estomac, ou *gésier*, il varie beaucoup dans sa capacité et sa structure: c'est ainsi que ses parois sont minces et membraneuses chez les oiseaux carnassiers, tandis qu'elles sont très épaisses et garnies d'une tunique musculeuse puissante chez les granivores. Dans ces derniers, la face interne du gésier est recouverte d'un épithélium épais et cartilagineux qui, parfois, forme deux grosses saillies pouvant s'appliquer l'une contre l'autre et agir à la façon de meules ou d'un appareil masticateur.

Le *foie* des oiseaux, ordinairement muni d'une vésicule biliaire, est volumineux et formé de deux lobes principaux qui versent le produit de leur sécrétion à l'extrémité de l'anse duodénale, tantôt le plus souvent à l'aide de deux canaux séparés (hépatique et cystique), tantôt, mais exceptionnellement comme chez les Calaos, à l'aide d'un canal unique ou cholédoque. En général, les deux canaux cystique et hépatique s'ouvrent dans l'intestin à une faible distance l'un de l'autre. Le Manchot fait exception à cet égard; les orifices des deux conduits sont très éloignés l'un de l'autre, d'après les observations de Stannius.

Toujours situé dans l'anse du duodénum, le *pancréas* des Oiseaux est généralement de forme allongée et souvent se compose de deux lobes qui sont ou très imparfaitement réunis ou entièrement séparés. Le nombre des conduits excréteurs varie de un à trois. Quand il y en a trois, le dernier s'insère habituellement à une certaine distance des deux autres, dans l'angle de l'anse du duodénum; tandis que ceux-ci, alternant avec les conduits hépatique et cystique, s'ouvrent à côté d'eux dans l'intestin.

Les *Mammifères* sont herbivores ou carnivores, et, suivant leur régime, présentent des différences remarquables dans plusieurs parties de leur appareil digestif.

A l'exception d'un petit nombre d'animaux de cette classe, tels que l'Echidné, les Fourmiliers, les Pangolins, qui sont dépourvus de *dents*, et des Baleines adultes chez lesquelles les dents sont remplacées par des fanons formés de substance cornée (1), on trouve chez les autres Mammifères des appareils dentaires et masticateurs de formes et d'usages très variés suivant le mode d'alimentation. Les trois espèces de dents *incisives*, *canines* et *molaires*, qu'on trouve chez l'homme, se rencontrent aussi dans beaucoup de Mammifères, mais souvent avec interruption

(1) D'après Geoffroy Saint-Hilaire (*Ann. du Muséum*, 1807, t. X, p. 364), il existe des dents transitoires à l'intérieur des mâchoires des fœtus de baleine. Ses observations ont été confirmées par celles d'Eschricht, de Mülder et de Stannius.

dans la série qu'elles forment, comme cela s'observe chez les Pachydermes et les Ruminants. On sait que, chez ces derniers, il n'existe pas de dents incisives à la mâchoire supérieure et que les canines manquent aux Ruminants à cornes. Les dents molaires, étant les véritables dents de la mastication, ont une existence plus constante que celle des incisives ou des canines; aussi sont-elles les dernières à disparaître. Certaines dents sont susceptibles de prendre, dans diverses espèces, un très grand développement; alors, ne pouvant plus concourir à la mastication, elles constituent des défenses plus ou moins puissantes et redoutables.

L'appareil glandulaire, annexé aux cavités buccale et pharyngienne, se compose en général, d'abord de glandes parotides maxillaires et sublinguales, puis de nombreuses glandules (labiales, buccales, molaires, zygomatiques, palatines), qui n'existent pas toujours toutes à la fois, et qui varient beaucoup sous le rapport de leur développement. Quant aux amygdales, elles paraissent ne faire jamais défaut. Les glandes salivaires sont généralement bien plus développées chez les Mammifères omnivores et herbivores que chez ceux qui se nourrissent de chair; ces différences s'expliqueront facilement, plus tard, quand viendra l'étude chimique de la digestion. Ces glandes, qui sont surtout très volumineuses chez la plupart des Édentés, l'Échidné et le Castor, sont à leur minimum de développement chez les Phoques; elles manquent même complétement chez les Cétacés vrais, tandis que, chez les Cétacés herbivores, elles offrent un volume considérable.

La langue, dans sa forme, son degré de mobilité et sa structure, présente de notables différences. Elle est étroite et protractile chez la plupart des Pachydermes, des Ruminants et des Solipèdes. Dans beaucoup d'espèces de Mammifères, souvent aussi elle est plus mobile que dans l'homme. Vermiforme est très protractile chez les Fourmiliers, elle est allongée et grêle surtout chez certains Édentés. Quelques Chéiroptères et beaucoup de Singes de l'ancien continent sont pourvus d'une saillie linguale qu'on a appelée *langue accessoire*. Quant à l'enveloppe de la langue, tantôt elle est lisse ou pourvue de papilles courtes et molles (Singes, Chien, Ours, etc.); tantôt elle est parsemée, surtout en avant, de soies ou d'épines diversement disposées, quoique en général dirigées en arrière (beaucoup de Carnassiers, Chats, Hyènes, etc.).

Le *tube digestif* présente des différences très considérables dans sa capacité et dans sa longueur, selon que les aliments qui doivent y séjourner proviennent du règne végétal ou du règne animal; en général, le tube digestif est d'autant plus simple que les espèces sont plus exclusivement carnivores. Ainsi, dans beaucoup de Carnassiers, sa longueur est seulement environ trois ou quatre fois celle du corps, tandis que chez les Herbivores, elle est ordinairement de dix à douze fois, et quelquefois même de près de vingt-huit fois cette longueur (dans le Mouton, par exemple). L'estomac en particulier varie beaucoup aussi : en général, il est simple comme chez l'homme; mais quelquefois il est multiple, c'est-à-dire composé de plusieurs poches ou cavités distinctes qui communiquent les unes avec les autres; dans ce cas, il arrive ordinairement que les aliments, après avoir séjourné plus ou moins longtemps dans une première cavité stomacale, remontent dans la bouche pour y subir une mastication plus complète, avant de passer dans les autres parties du tube digestif. Ce phénomène est désigné sous le nom de *Rumination*. Devant y revenir plus tard pour l'étudier en détail, nous ne faisons que le mentionner ici.

Il existe parfois une sorte d'antagonisme fort remarquable entre l'estomac et le cœcum. Il y a notamment des Herbivores à estomac simple dont le cœcum est

souvent énorme, tandis que ce dernier est fréquemment peu développé quand l'estomac est d'une structure compliquée. Aucune partie de l'intestin n'est d'ailleurs plus sujette à varier que le cœcum. Il n'est pas rare de le voir manquer complétement, surtout chez les Carnassiers et les Insectivores ; dans les Quadrumanes, il est généralement plus volumineux que chez l'homme, et il acquiert un volume considérable principalement chez quelques Marsupiaux frugivores, et chez un très grand nombre de Rongeurs : le cœcum l'emporte ici non-seulement sur le gros intestin, mais encore assez ordinairement sur l'estomac; quelquefois même il est beaucoup plus long que le corps.

Tous les Mammifères ont des sécrétions biliaire et pancréatique qui viennent se déverser dans le duodénum. Quant à la vésicule biliaire, elle manque quelquefois, notamment chez les Cétacés vrais, chez plusieurs Ruminants, beaucoup de Rongeurs, et chez l'Aï parmi les Édentés. Ordinairement les divers conduits excréteurs du pancréas se réunissent en un seul canal qui s'ouvre tantôt dans le conduit cholédoque ou son ampoule, tantôt directement dans l'intestin. Quand il existe deux conduits pancréatiques, ou ils s'abouchent dans l'intestin chacun séparément, ou bien l'un d'eux se réunit au canal cholédoque et l'autre s'ouvre dans le duodénum ; c'est ce qui a lieu, du moins assez souvent, chez le Chien.

DE LA FAIM ET DE LA SOIF.

Ainsi que nous l'avons dit, la vie se maintient dans un état d'équilibre instable entre les forces qui tendent à restituer à la matière inorganique les éléments des corps organisés et celles qui tendent à assimiler aux animaux les substances nécessaires à leur nutrition. Les premières, qui sont constamment agissantes, ont pu être assez exactement appréciées, et l'on sait que chaque jour l'homme adulte, par exemple, restitue à la nature par la peau, par les reins, par les poumons, etc., près de 20 grammes d'azote, et qu'il brûle environ 300 grammes de carbone dans l'oxygène de l'atmosphère : c'est donc une perte de matériaux de 320 grammes par jour; pendant le même temps, il expulse par les urines, par la sueur, par la perspiration pulmonaire, etc., environ 3 kilogrammes d'eau, si bien que peu de jours suffiraient pour détruire l'organisme si des éléments nouveaux ne venaient remplacer ceux qui sont éliminés.

I. La sensation qui annonce le besoin de réparer les pertes des matériaux solides, c'est la *faim*: la *soif* indique la nécessité de restituer des liquides à l'organisme. Or, comme toute sensation suppose un organe où se fait l'impression, un cordon nerveux qui la transmet, un centre qui la perçoit, les premières questions qui se présentent à notre examen sont les suivantes : Où se fait sentir la faim ? où la soif ? Quels nerfs transmettent ces impressions, quelles parties des centres nerveux les peuvent percevoir ?

Il n'est pas difficile d'indiquer, par un à peu près, le siége de la faim. Chacun a éprouvé la sensation particulière que fait naître le besoin de prendre des aliments, et le langage vulgaire a adopté les expressions « avoir mal à l'estomac, » éprouver des tiraillements d'estomac, » comme synonymes d'avoir faim. C'est, en effet, dans la région épigastrique, dans un espace occupé par l'estomac, que la faim se fait sentir d'abord. Mais est-ce réellement dans cet organe que siége la faim ? Non certainement. L'estomac peut manquer, sans que la faim cesse de

se faire sentir; chez les animaux où n'existe pas d'estomac, le besoin de prendre des aliments n'en existe pas moins. Les lésions graves de l'estomac, qui détruisent cet organe presque complétement, n'éteignent pas le sentiment de la faim, et les individus dont l'estomac est totalement envahi par la substance cancéreuse éprouvent néanmoins le besoin de manger; enfin on peut faire cesser le sentiment de la faim, sans introduire d'aliments ni d'autres corps solides dans l'estomac, ainsi que le prouvent les injections de bouillon dans les veines.

La faim est l'*expression d'un état général* qui se traduit par une sensation spéciale que nous rapportons à l'endroit où elle se fait sentir, bien qu'en réalité elle ne siége pas uniquement en cet endroit. Il en est ainsi d'ailleurs d'autres sensations internes : le besoin de dormir se manifeste par une sensation particulière aux yeux, aux paupières, et certes il ne viendra à l'esprit de personne de localiser le sommeil dans les yeux. Les fonctions génitales et les sensations qu'elles provoquent donneraient matière aux mêmes considérations. C'est donc dans l'organisme, en général, qu'il faut placer le sentiment de la faim; et la sensation particulière éprouvée dans la région épigastrique doit être considérée comme une manifestation limitée d'un état général, comme le prodrome des nombreux phénomènes de la faim. Telle qu'elle est cette sensation, qui, nous le répétons, n'est qu'une manifestation isolée des manifestations multiples du besoin de prendre des aliments, et qui siége dans la région épigastrique, tient à un état particulier de l'estomac, car par la compression exercée sur cette région, par l'introduction dans l'estomac de matières non alibiles, on peut la faire disparaître sans que pour cela la faim réelle disparaisse. Elle est produite, suivant toute apparence, par une modification dans la sensibilité gastrique, mais nous ne savons trop de quelles parties de cet organe. Les nombreuses collections d'observations de lésions profondes de l'estomac démontrent que ses parois ont pù être détruites soit dans le grand cul-de-sac, soit à l'extrémité pylorique, à la grande courbure ou à la petite, sans que cette sensation gastrique ait disparu. De vastes ulcérations de la muqueuse gastrique n'ont pas fait disparaître cette manifestation du besoin de manger. Néanmoins, et par analogie, il faut admettre que cette sensation siége sur la muqueuse, puisque l'introduction de corps inertes dans la cavité stomacale suffit pour la calmer. Cette circonstance seule démontrerait au besoin combien était erronée l'opinion des médecins mécaniciens qui attribuaient la sensation de la faim au frottement qu'exerceraient l'une sur l'autre les parois de l'estomac.

Cette sensation est-elle liée à quelque modification appréciable de la muqueuse de l'estomac? On a prétendu que, pendant la vacuité de l'estomac, il y avait un excès de sécrétion acide qui irritait les papilles de la membrane muqueuse; le contraire est parfaitement établi. Par contre, de Beaumont (1) attribue cette sensation à la réplétion des conduits qui renferment le suc gastrique. Or, rien ne s'opposerait à l'écoulement de ce suc, si ces conduits en contenaient pendant l'état de vacuité de l'estomac, et il est reconnu que l'influence d'un aliment ou d'un corps étranger est nécessaire pour produire la sécrétion du suc gastrique.

On a supposé que la bile refluait dans la cavité gastrique et que la sensation qu'elle produisait se traduisait par celle de la faim. Mais nous savons, au contraire, que la présence de la bile dans l'estomac détermine des nausées et supprime l'appétit; d'ailleurs cette déviation dans l'écoulement de la bile est bien loin d'être

(1) *Exper. and Observ. on the Gastric Juice*, p. 57.

aussi fréquente que le sentiment de la faim. Dumas (1) a été jusqu'à placer le siége de cette sensation dans le système lymphatique qui, à défaut d'autre aliment, tendrait à absorber les organes mêmes de la digestion. Or, il n'est pas exact de croire que la faim même très intense et très prolongée détermine une résorption des parois de l'estomac. Il semble, au contraire, comme nous le verrons plus loin, que dans l'inanition, l'épithélium de la muqueuse gastrique augmente d'épaisseur. Enfin, doit-on supposer que la contraction de l'estomac pendant l'état de vacuité puisse produire la faim? Cette contraction, qui existe réellement, est moins prononcée dans l'estomac que dans le reste du tube digestif, et, d'ailleurs, elle est surtout énergique alors que les dernières portions du bol alimentaire n'ont pas encore franchi le pylore, alors par conséquent que la sensation de la faim n'existe pas.

Voulant assigner une cause locale à cette sensation, Darwin (2) admet que celle-ci naît par le défaut du stimulus habituel; c'est, selon lui, une *inirritation* à la suite de laquelle survient une torpeur ou inaction de l'organe, comme dans les vaisseaux capillaires de la peau lorsqu'ils sont privés de calorique ou exposés au froid.

Quoi qu'il en soit, le premier phénomène de la faim qui est pris le plus souvent pour la faim même, se produisant dans l'estomac, doit avoir pour instrument de sa manifestation l'un des nerfs qui se distribuent à cet organe, soit le pneumogastrique, soit le grand sympathique. Mais j'établirai plus tard (3) que, si après la résection du pneumogastrique j'ai vu seulement quelques animaux en petit nombre accepter des aliments solides, tandis que le plus grand nombre refusaient de manger, la cause de ce refus ne saurait être rapportée nécessairement à la suspension de l'influence des pneumogastriques, puisque la même indifférence pour les aliments solides s'est présentée chez les chiens auxquels comparativement j'avais reséqué les nerfs sciatiques. Brachet n'était donc pas autorisé à conclure que le siége de la faim était dans les pneumogastriques, parce qu'il avait observé que des animaux, d'abord très affamés et prêts à se ruer sur leur nourriture, ne se déplaçaient plus après la section des pneumogastriques. D'ailleurs, Leuret et Lassaigne (4) ont constaté que, après l'excision de ces nerfs dans une longueur de plusieurs pouces, des chevaux mangeaient comme auparavant et avec un appétit égal à celui qu'ils avaient quand ils se portaient bien. Bégin, Fourcade, Sédillot (5) affirment avoir vu, au bout de quelques jours, l'appétit se réveiller chez des chiens qui avaient survécu pendant plusieurs semaines à la section des pneumogastriques. Et qu'on ne suppose pas que ces animaux n'obéissent qu'à leur sensualité gustative en prenant des aliments, car il résulte des expériences que j'ai faites, que des chiens qui avaient subi, de chaque côté, la résection des nerfs glosso-pharyngien et lingual, et celle de la paire vague, ont mangé sans dégoût, en assez grande quantité, des substances alimentaires ramollies dans une décoction de coloquinte.

Il est donc bien établi que la section des pneumogastriques ne supprime pas la sensation de la faim, et ce résultat était probable; car le nerf pneumogastrique est dans l'estomac le nerf de sensibilité tactile, et c'est une sensation spéciale, réclamant un nerf spécial aussi, que la sensation de la faim.

Il semble probable que le grand sympathique doit transmettre cette im-

(1) *Principes de physiol.*, t. I.
(2) *Zoonomie*, t. III, p. 222.
(3) Voir tome II, p. 341, 2e partie.
(4) *Rech. phys. et chim. pour servir à l'hist. de la digestion*, p. 211.
(5) *Du nerf pneumogastrique et de ses fonctions.* Thèse inaug., n° 274. Paris, 1829.

pression, qui est la première manifestation de la faim. Ainsi que nous le verrons (1), c'est, suivant toute apparence, ce nerf qui préside à la nutrition des organes; on le trouve dans toute l'échelle animale, tandis que les autres nerfs n'ont pas leurs analogues dans beaucoup d'espèces inférieures. Sa résection détermine, dans l'œil par exemple, des lésions pareilles à celles que produit l'inanition, etc. Quoique, par voie d'exclusion et par analogie, on soit amené à rapporter au grand sympathique le premier sentiment de la faim, assurément il serait bon de rechercher expérimentalement si sa résection, au moins partielle, supprimerait ce sentiment, et ultérieurement, avec lui, les autres manifestations sensitives du besoin de manger; mais la mort qui surviendrait trop rapidement, dans de pareilles expériences, ne permettrait d'en tirer aucune déduction légitime. Qu'il suffise donc de se rappeler que la faim se traduit d'abord par une sensation douloureuse à l'estomac, que cette sensation ne paraît pas être sous la dépendance du pneumogastrique, qu'elle se lie à un ordre de phénomènes régis par le grand sympathique, que ce nerf transmet presque toutes les sensations douloureuses développées pathologiquement dans le tube intestinal, et il pourra paraître rationnel d'admettre que c'est lui qui est l'agent de transmission de cette douleur, laquelle ne diffère pas d'ailleurs, d'une manière appréciable, des douleurs qui accompagnent certaines formes de gastralgie.

S'il en est ainsi, les ganglions du grand sympathique pourront être, jusqu'à un certain point, considérés comme les parties intermédiaires par lesquelles la sensation de la faim est portée au centre nerveux. Mais en quelle partie de l'encéphale se termine la sensation? C'est un point sur lequel il n'est pas encore possible de donner une solution positive. Néanmoins le rôle que jouent, suivant nous, chez l'homme, les portions basilaires des centres nerveux encéphaliques, donne à penser que ces parties ne sont pas étrangères aux sensations de la faim. Il n'est pas possible, en effet, d'admettre avec Combes, Spurzheim, Hoppe, Broussais, qu'il existe un organe de l'*alimentivité*, qui serait situé dans les fosses latérales et moyennes de la base du crâne, et appartiendrait au cerveau proprement dit. Car la sensation de la faim, qui se traduit par le fait de prendre des aliments, se manifeste dans les espèces animales dépourvues de cerveau proprement dit, et dans l'espèce humaine on a vu dans des cas d'anencéphalie, alors qu'il y avait absence complète des lobes cérébraux et du cervelet, les fœtus vivre plusieurs jours et manifester par leurs cris (2), par leurs mouvements de succion, qu'ils éprouvaient le sentiment de la faim. Dans ces fœtus, on le comprend, il restait encore, pour permettre les actes indispensables à l'existence, ces parties basilaires des centres nerveux (*protubérance annulaire et bulbe rachidien*) sans lesquelles la vie est impossible un seul instant.

Jusqu'à présent, il n'a été question que de ce sentiment local ou gastrique, qui est le premier indice de la faim et que l'on confond généralement avec elle; il nous faut maintenant entrer dans quelques détails sur ce besoin général, et suivre dans leurs développements les autres phénomènes qui l'accompagnent et qui le constituent.

La sensation qui, primitivement, ne laissait pas que d'avoir quelque chose d'agréable, quand elle était encore ce diminutif de la faim, qu'on nomme l'*ap-*

(1) Tome II, p. 101, 2e partie.

(2) *Outlines of Phrenology*, dans *Journal de la Soc. phrénol. de Paris*, 3e année, p. 155.

pétit, se modifie, s'exagère, se généralise. La douleur de l'estomac devient de plus en plus violente, il semble que l'estomac soit pincé, tordu, arraché avec des tenailles. Un état général de souffrance survient, une céphalalgie intense se manifeste, et, suivant les circonstances coïncidentes, tantôt un abattement général, une prostration absolue apparaît ; tantôt, au contraire, le délire, un délire furieux, s'empare de l'homme affamé, absorbe toutes ses facultés morales, intellectuelles, affectives, pour ne laisser subsister qu'un seul sentiment, celui de la faim, qu'une seule volonté, celle de satisfaire à ce besoin impérieux.

Ce serait une triste et bien douloureuse histoire que celle de la faim : elle donnerait une affligeante idée de l'homme, si fier de sa place au haut de l'échelle animale et descendu aussi bas que la brute pour satisfaire un brutal appétit. Il faut pourtant en dessiner quelques traits, ne fût-ce que pour faire comprendre combien peut être intense, violent, le sentiment de la faim : pour montrer que les lois générales de la nature sont de toutes les plus puissantes, et qu'elles ont imprimé, dans les fibres les plus profondes de chaque être, l'ordre de conserver l'individu et de perpétuer l'espèce. La première sensation douloureuse de la faim fait concevoir le besoin impérieux d'introduire des substances solides dans l'estomac. Ce besoin, qui peut être antérieur à la naissance elle-même, se traduit, chez l'enfant, par ses cris, par ses efforts de succion, et chez les animaux, par la rapidité avec laquelle ils sucent le lait ou saisissent la graine qui doivent les nourrir. Il est des plus impérieux, car c'est pour le satisfaire que les animaux emploient toute leur énergie, et, pour l'homme même, il est le but de presque tous les travaux qu'il accomplit, réalisant ainsi les paroles de l'Écriture : « C'est à la sueur de ton front que tu gagneras ton pain. »

Ce besoin de manger est tel, dans quelques circonstances pathologiques, qu'il fait taire le dégoût qu'inspirent les objets les plus répugnants. On connaît les histoires de ces polyphages dont l'estomac insatiable était le réceptacle ordinaire des objets les plus variés et les plus immondes. Percy (1) a recueilli des exemples plus ou moins authentiques d'individus qui, pour assouvir leur faim toujours insatiable, dévoraient, suivant l'expression d'Ovide, *quod urbibus esse, quodque satis erat populo.* Parmi les faits qui semblent réunir toutes les conditions d'une observation exacte, il rapporte celui d'un forçat, à Brest, dans les entrailles duquel on trouva, après la mort, plus de six cents morceaux de bois, d'étain ou de fer. Il est un exemple d'homophagie rapporté partout : c'est celui de Tarare dont les détails, inutiles à la science, ne causeraient que du dégoût ; il ne faut y signaler qu'une circonstance importante. Cet homme, qui se repaissait du sang des malades, des chairs des cadavres, qui fut soupçonné d'avoir dévoré un enfant de quatre ans dont on ne retrouva pas de traces, était d'un caractère doux, quand il n'était pas à jeun. La faim seule, *malesuada fames*, l'obligeait à engloutir tout ce qui pouvait contribuer à remplir l'immense cavité de son estomac. En effet, acquise ou primitive, chez les individus atteints de cette faim insatiable, il existe toujours une distension plus ou moins considérable de l'estomac, qui peut être portée à un tel point qu'on montrait à Strasbourg l'estomac d'un hussard hongrois qui, de son vivant, pouvait boire dans une heure jusqu'à soixante litres de vin. Cet estomac, remarquable par sa prodigieuse ampleur, l'était davantage encore par trois appendices situés le long de la grande courbure et dont le plus considérable, correspondant au cardia, ressemblait à une bourse ordinaire par son fond arrondi et ses bords rayonnés.

(1) *Dict. des sc. méd.* en 60 vol., t. XXI, p. 355 et suiv., art. HOMOPHAGIE.

C'est par l'effet de déviations de ce sentiment de la faim, par suite de ses troubles, qu'il survient quelquefois, dans des circonstances pathologiques, de ces appétits bizarres, étranges, irrésistibles, comme on en observe en certains cas chez les chlorotiques et chez les femmes enceintes.

Il nous a semblé consolant de passer par les conditions pathologiques dans lesquelles la faim se présente avec ces caractères d'inexorable irrésistibilité, pour arriver aux phénomènes analogues qui se produisent chez l'homme, sain d'ailleurs, mais privé d'aliments. Il faut croire que, dans ces circonstances, un état pathologique survient, un délire particulier, celui de la faim, le délire famélique apparaît ; sinon on se refuserait à admettre que le sentiment de l'égoïsme pût atteindre au degré où nous le voyons porté chez l'homme affamé. Pour lui, en vain les lois morales commandent, en vain les lois sociales menacent et répriment, la faim parle plus haut que les lois, que la raison, que les sentiments ; devant ses ordres impérieux tout se tait. Aussi est-il reconnu que, dans les années de disette, les crimes contre les propriétés augmentent d'une manière sensible, que dans les pays incultes où la chasse est à peu près la seule ressource alimentaire des indigènes, le cannibalisme s'est développé, pour apporter son complément nécessaire au gibier qui se trouvait insuffisant. C'est ainsi que de l'un des tableaux publiés par Mélier, il résulte que la justice a plus de vols à punir pendant les années de cherté du blé que dans les années où il est à bas prix (1). Les exemples de cannibalisme occasionnellement produit par la faim ne sont malheureusement pas excessivement rares, et l'histoire de différents siéges, de plusieurs naufrages, dans son horrible vérité n'a plus rien laissé à inventer à l'imagination des poëtes, puisqu'elle nous montre des mères arrachant la vie à leurs propres enfants pour se nourrir des chairs de leurs cadavres (2). Où meurt le sentiment de la maternité quel sentiment pourrait vivre encore ?

Hâtons-nous de le répéter, ce n'est pas une supposition gratuite de notre part que l'existence d'un trouble intellectuel dans les manifestations de la faim : on peut voir, dans les relations du naufrage de la *Méduse* (3), que sur les cent cinquante naufragés une moitié, dans un accès de frénésie, voulut briser le radeau et engagea un combat à mort avec ceux qui s'y opposaient ; chez d'autres, il était survenu des hallucinations variées, analogues à celles qui montraient à nos soldats, mourant de soif dans les déserts de l'Égypte, le doux aspect d'une eau fraîche et pure qui fuyait à leur approche et ne leur laissait qu'une amère déception.

Cependant la volonté peut être plus puissante que la faim, et la brute ne pas l'emporter toujours sur l'homme. En regard des horreurs que fait commettre le besoin de manger, on pourrait reproduire, pour la réhabilitation de l'humanité, l'histoire des mineurs de Bois-Mouzil rapportée par Soviche (4). « Huit mineurs restèrent enfermés pendant cent trente-six heures dans une houillère. Dès le premier jour, ils s'étaient partagé une demi-livre de pain, un morceau de fromage et deux verres de vin, que l'un d'eux avait apportés dans la mine et qu'il ne voulut point garder pour lui seul, et deux autres qui avaient mangé avant d'entrer dans la mine

(1) MÉLIER, *Études sur les subsistances dans leurs rapports avec les maladies et la mortalité*, dans *Mém. de l'Acad. de méd.*, t. X, p. 193.

(2) *Lamentations de Jérémie :* « Les mains des femmes tendres ont fait cuire leurs enfants, ils sont devenus leur nourriture. Les femmes dévorent les fruits de leurs entrailles, les jeunes enfants en maillot. »

(3) SAVIGNY, *Obs. sur les effets de la faim et de la soif.* Thèses de Paris, 1828, n° 44.

(4) SOVICHE, *Ann. d'hyg. pub. et de méd. lég.*, t. XVI, p. 207.

ne voulurent point prendre part à la distribution, disant qu'ils ne devaient pas mourir plus tard que les autres. » Cet exemple d'une charité plus puissante que l'égoïsme en présence de la faim, constitue une bien rare exception, et encore l'auteur du récit ajoute-t-il : « On croyait généralement que ces huit malheureux mineurs n'ayant point pris de nourriture pendant cinq jours, devaient éprouver les tourments les plus affreux de la faim, au moment où la sonde pénétra dans la galerie; mais d'après leurs déclarations, cette longue abstinence leur a été peu pénible (1). » Que serait-il advenu s'il en eût été autrement?

Avant de passer aux autres manifestations de la faim, rappelons que, sans doute pour tromper la première sensation de l'estomac, plusieurs peuples ont l'habitude d'introduire dans la cavité gastrique une argile onctueuse, odorante, d'une couleur grisâtre (2), des fragments d'une pierre friable, de la sciure de bois; que, dans le même but, on a souvent recours au tabac sous différentes formes, si bien que la privation de ce narcotique, qui trompe la faim, est souvent plus pénible que la faim même.

Mais les accidents de douleur gastrique, d'irritation, de délire, ne sont en quelque sorte que le début des symptômes de la faim. Après cette période d'irritation, il ne tarde pas à en survenir une autre de dépression, d'affaiblissement. Un amaigrissement rapide, un refroidissement extrême, des accidents divers, amènent lentement ou rapidement la mort des individus privés d'aliments. Du reste, la marche de cette maladie, *la faim*, n'est pas la même, suivant que la privation d'aliments est absolue ou qu'il y a seulement alimentation insuffisante.

Pour ce dernier cas, nous emprunterons plus loin à de Meersman les principaux traits des accidents nombreux et graves qui se développent, et que cet auteur a eu la douloureuse occasion d'observer, en Belgique, lors de la famine de 1846 à 1847. Le premier degré de la maladie, qu'il a appelée *fièvre de famine*, était caractérisé par tous les signes qui sont propres à l'appauvrissement du sang. Déjà Haller (3) avait constaté la diminution du sang chez les grenouilles inanitiées. Denis a observé que le sang d'un jeune homme de vingt-quatre ans contenait : eau, 770 ; globules, 154 ; matières salines, grasses, extractives, 76. Après quarante jours de privation d'aliments solides, la composition du sang de ce même jeune homme était : eau, 804; globules, 111,9; matières salines, etc., 84,1. La perte en globules avait donc été de 42,1. Le sang d'une jeune fille en parfaite santé était ainsi composé : eau, 787; globules, 132; matières extractives, 80,7. Après quinze jours de diète, il contenait : eau, 829; globules, 87,9; matières extractives, 83,1. Les globules avaient diminué de 44,1. Il est une circonstance étrange qui résulte de l'examen de ces analyses, c'est qu'il y a à la fois augmentation d'eau et des matières extractives. Que l'eau augmente, on l'explique en considérant que les individus dont le sang avait été analysé n'étaient pas privés de boissons; pour comprendre l'augmentation des matières extractives, salines, grasses, il faut savoir, ce qui sera démontré plus loin, que toutes les fois qu'un animal est privé d'aliments solides, il absorbe les molécules constituantes de son corps, il se nourrit de sa propre substance. Cette altération dans la composition du sang explique, chez les individus soumis à une privation plus ou moins complète d'aliments solides, la

(1) Soviche, *loc. cit.*
(2) De Humboldt, *Tableau de la nature*, t. I.
(3) *Elementa physiologiæ*, t. II, p. 18.

pâleur, l'amaigrissement, la tristesse, le découragement, la difficulté de la digestion, les flatuosités, la distension du ventre, l'œdème des extrémités inférieures, et, chez la femme, la suppression ou l'abondance insolite du flux menstruel, la stérilité, l'affaiblissement du système musculaire, la douleur dans les membres, la difficulté des mouvements.

« Ce qui frappait d'abord, dit de Meersman, lors de la famine mentionnée plus haut, c'était l'extrême maigreur du corps, la livide pâleur du visage, les joues creuses, et surtout l'expression du regard, dont on ne pouvait perdre le souvenir quand on l'avait subi une fois. Il y a, en effet, une étrange fascination dans cet œil où toute la vitalité de l'individu semble s'être retirée, qui brille d'un éclat fébrile; dont la pupille, énormément dilatée, se fixe sur vous sans clignotement et avec un étonnement interrogatif, où la bienveillance se mêle à la crainte. Les mouvements du corps sont lents, la marche chancelante; la main tremble; la voix, presque éteinte, chevrote. L'intelligence est profondément altérée, les réponses sont pénibles; la mémoire, chez la plupart, est à peu près abolie. Interrogés sur les souffrances qu'ils endurent, ces infortunés répondent qu'ils ne souffrent pas, mais qu'ils ont faim!

» L'haleine est d'une grande fétidité; la langue amincie, pointue, oblongue, tremblotante, presque toujours rouge; la pointe, souvent aphtheuse, est partout couverte d'un enduit jaunâtre et épais; l'épigastre est creux, et la peau, dans cette région, est pour ainsi dire collée à la colonne vertébrale: il arrive cependant que l'épigastre est distendu par le météorisme; alors le toucher découvre des engorgements organiques dans l'une ou l'autre partie de l'abdomen. La respiration est lente, peu profonde, et souvent entrecoupée de sanglots. Le pouls, tantôt d'une grande fréquence, tantôt d'une lenteur remarquable, est facilement déprimé, d'une petitesse étonnante et fuit sous les doigts. Les sécrétions se ressentent toutes de l'altération du sang, qui est leur source commune; mais c'est surtout la perspiration cutanée qui est profondément modifiée. La peau était sèche, jaune, semblable à du parchemin; l'exhalation, qui dans l'état ordinaire se fait sur toute la surface d'une manière insensible, s'opérait dans ce cas par voie sèche. Les pores du derme rejetaient une poussière visqueuse qui, s'accumulant et se concrétant, recouvrait le corps d'une croûte noirâtre, pulvérulente et d'une fétidité horrible. Il n'est pas un seul praticien qui n'ait eu occasion d'observer ce fait. Souvent on attribuait cet état de la peau à la malpropreté, au défaut de soins; mais en y faisant plus d'attention, on était bientôt convaincu que c'était le résultat d'une altération profonde des fonctions de l'enveloppe cutanée; car, dans les localités dont les ressources permettaient d'envoyer les indigents épuisés à l'hôpital, on mettait ceux-ci vainement au bain : à peine les lotions avaient-elles purifié la surface du corps, que quelques heures suffisaient pour qu'elle fût de nouveau recouverte par le produit de cette sécrétion anormale. Dans ces conditions, la peau laissait à la main qui la touchait une impression âcre, mordicante et prolongée, et l'imprégnait pour longtemps d'une odeur repoussante.

» Parmi les victimes de la disette, il s'en rencontrait que les affections accidentelles épargnaient comme pour leur faire traverser toutes les épreuves de l'épuisement et de la dissolution organique. Dans ce cas, les symptômes d'anéantissement devenaient successivement plus intenses. La décrépitude avait envahi tous ces malheureux; les enfants, les jeunes gens, les adultes, les hommes parvenus à la maturité de l'âge, portaient sur tout le corps les rides, le dessèchement, l'exténuation

de la vieillesse : c'étaient de véritables squelettes vivants, incapables de soulever leurs membres décharnés, gisant lourdement, sans voix, avec un œil sans regard, enfoncé dans l'orbite et à moitié voilé par des paupières presque transparentes et chassieuses. Parfois ils étaient horriblement secoués par une toux sèche et convulsive. Enfin, on voyait apparaître les derniers indices de l'extrême appauvrissement du sang : la peau se couvrait de vastes ecchymoses ou de taches pourprées qui devenaient confluentes quelquefois, et ces tristes victimes de la famine rendaient le dernier soupir au milieu de l'agitation, de la carphologie ou de la fatigante loquacité du délire famélique. »

Sans être toujours aussi marqués que dans les faits que nous venons de rapporter, les effets d'une alimentation insuffisante longtemps prolongée n'en sont pas moins manifestes dans des circonstances nombreuses et cruelles. Qui n'a remarqué l'état de débilité extrême, de précoce vieillesse des enfants que la misère prive d'une nourriture convenable ? Qui ne sait que la moyenne de la vie atteint un chiffre beaucoup moins élevé dans les classes inférieures de la société, dans celles qui n'ont pas toujours les moyens de satisfaire leur faim, que dans les classes élevées, où les excès, si funestes soient-ils, ne peuvent entrer en parallèle avec les déplorables conséquences des privations d'aliments ? Casper (de Berlin) (1) a trouvé que la vie moyenne des plus hautes classes de la société s'élevait à cinquante ans, et que celle des pauvres mendiants n'était que de trente-deux ans.

« En Angleterre, dit Michel Lévy (2), la mortalité de toute l'armée est évaluée à 17 sur 1000 et à 12 pour les officiers. En France, elle est de 19,4 pour l'armée, de 10,8 pour les officiers, et de 22,3 pour les soldats seuls... Nous retrouvons ici l'action si énergique du degré d'aisance, et cela est si vrai que la mortalité se règle en quelque sorte sur le tarif de la solde. »

Et, comme nous verrons plus tard que certains aliments jouent un rôle dans la respiration, on ne doit pas être surpris de voir des affections pulmonaires, des tubercules, survenir, avec une prédominance bien marquée, chez les individus privés d'une suffisante alimentation. Sans doute ce serait tomber dans une grave erreur que d'attribuer à la faim tous les accidents qu'entraîne à sa suite la misère ; mais on ne saurait nier sa grande part à tous ces accidents. Il suffirait, pour en acquérir la preuve, de considérer l'influence de la privation de certains aliments sur la production de certaines maladies, de voir comment survient le scorbut des hommes de mer ; comment la pellagre se manifeste en Lombardie sur des populations incomplétement nourries, bien plutôt sans doute à cause de l'alimentation insuffisante que par l'action directe du maïs. N'en est-il pas de même de la gangrène des extrémités, de l'acrodynie qui s'est montrée à une époque de disette pour ne plus reparaître, espérons-le ; de la gangrène du poumon, que Guislain (3) a observée chez les aliénés inanitiés, et de la gangrène de la bouche, si commune chez les enfants pauvres, si rare chez ceux des classes aisées ? Parmi les accidents que la faim entraîne dans son lugubre cortége, il en est encore un à mentionner, c'est la perforation de la cornée. « L'épuisement, le défaut de principes alibiles, dit Velpeau (4), paraissent être les causes principales de cette fâcheuse affection. Il en est de même d'une variété qu'on rapporte à l'inanition, et qui mérite surtout

(1) *Ann. d'hyg.*, t. XXXVI, p. 329.
(2) *Traité d'hyg.*, t. II, p. 788 et suiv., 2e édit. Paris, 1850.
(3) GUISLAIN, *Mém. sur la gangrène des poumons chez les aliénés.* (*Gaz. méd.*, 1836, p. 33.)
(4) VELPEAU, *Dict. de méd.*, art. CORNÉE, t. IX, p. 30.

d'être signalée : Magendie l'a d'abord mentionnée à l'occasion d'expériences sur les animaux. Or j'ai constaté le même fait cinq fois sur des malades soumis à une longue diète ou bien à des émissions sanguines répétées. La première fois c'était à Tours, en 1818, sur un militaire *privé de tous aliments pendant six semaines* pour une dothienentérie. J'observais le second cas au Val-de-Grâce, en 1820, dans le service de M. Dameron, chez un soldat qui en était au *quarantième* jour d'une semblable affection, et qui, avec une abstinence complète, avait subi de nombreuses applications de sangsues. »

Comme conséquence de ce qui précède, on peut voir la mortalité augmenter sensiblement dans les années de disette, et il résulte d'un travail de Messance (1) que, de 1674 à 1764, la mortalité a suivi, dans ses variations, la progression ascendante et descendante du prix du blé. Mélier (2) a donc eu raison de dire à son tour : « La mortalité est soumise à l'influence du prix du blé. »

Comme nous avons vu que les fonctions menstruelles étaient perturbées chez les femmes qui souffrent de la faim, il est facile de comprendre que les fonctions génitales soient altérées ou même supprimées. L'enfant se nourrissant dans l'utérus de la nourriture maternelle, il n'est pas rare de voir l'avortement produit par l'inanition, soit qu'il y ait absence d'aliments, soit que les aliments ne puissent être digérés. C'est ainsi que les vomissements incoercibles amènent habituellement l'avortement, et que, dans les années de disette, il y a une diminution considérable dans le nombre des naissances. A la suite de la mauvaise récolte de 1816, on trouve, par les naissances de 1817 et de 1818, qu'il y a eu, proportion gardée, bien moins d'enfants conçus depuis novembre 1816 jusques et y compris septembre 1817, principalement pendant les mois d'avril, mai, juin et juillet, que dans les autres années. Ce résultat est frappant surtout pour les départements du Bas et du Haut-Rhin, de la Manche et de la Meurthe, de la Meuse, de l'Aisne, du Nord, de l'Ain, etc., qui sont ceux où l'on a éprouvé une véritable disette. C'est au point que, dans plusieurs de ces départements, les derniers mois que je viens de nommer, qui comptaient toujours le plus grand nombre de conceptions, n'en ont eu, en 1817, que le minimum, et que l'on voit les naissances diminuer chaque mois, à dater de février 1817, jusqu'à février, mars et même avril 1818, et augmenter ensuite chaque mois pendant le reste de cette même année. Ces résultats sont d'ailleurs d'accord avec l'observation de tous les temps et de tous les lieux, qui prouve que la disette produit la stérilité non-seulement pour les hommes, mais aussi pour les animaux (3).

A l'appui de cette observation, Millot a remarqué qu'en 1837, cette influence dépopulatrice de la disette se retrouvait d'une façon très marquée chez les jeunes gens appelés au tirage pour le recrutement ; il existait un déficit qui variait, selon les départements, entre 5 et 17 pour 100, en rapport avec le prix du blé, c'est-à-dire plus grand là où le blé fut plus cher vingt ans auparavant, moins grand dans les lieux où son prix fut plus modéré.

Sans passer par toutes les phases que nous venons d'indiquer, l'alimentation insuffisante, portée à un plus haut degré, tue comme la privation absolue d'aliments,

(1) *Recherches sur la population*, 1766.
(2) *Études sur les subsistances*, etc., dans *Mém. de l'Acad. de méd.*, t. X, p. 17.
(3) VILLERMÉ, *Ann. d'hyg.*, t. V, p. 55.

lorsque le corps a atteint un degré d'amaigrissement au delà duquel, ainsi que l'a démontré Chossat, la vie devient impossible. Les phénomènes de l'alimentation insuffisante se confondent alors, tout en étant moins rapides, avec ceux de l'*inanitiation* (1).

Dans un travail remarquable auquel l'Académie des sciences a décerné en 1844 le prix de physiologie expérimentale, Chossat a décrit les effets de l'inanition. Il résulte de ses expériences plusieurs conséquences importantes à connaître :

Le résultat le plus constant de la privation des aliments, c'est la diminution graduelle du poids du corps.

Toutes choses égales d'ailleurs, et en particuler à égale durée de l'inanitiation, la perte diurne est d'autant plus forte que l'animal est plus volumineux.

Tout en diminuant de poids chaque jour, le corps ne perd pas néanmoins d'une manière uniforme; chez le même animal, en temps égaux, il y a des pertes maxima et des pertes minima qui peuvent être entre elles dans le rapport de 6 : 1.

La perte la plus considérable a été en général au début, quelquefois vers la fin, jamais au milieu de l'expérience. La présence du maximum au début tient surtout à ce que, le premier jour de l'abstinence, le corps expulse le résidu de l'aliment ingéré la veille.—L'augmentation de perte, vers la fin de la vie, coïncide généralement avec une augmentation plus ou moins grande des fèces, allant quelquefois jusqu'à la diarrhée, comme dans les affections colliquatives. Toutefois la perte cesse presque complétement dans les deux ou trois dernières heures de la vie, comme si l'exhalation d'acide carbonique et de vapeur d'eau eût été suspendue en même temps que les autres excrétions du corps.

En moyenne, les animaux inanitiés périssent lorsque leur perte s'élève aux 0,4 de leur poids initial. Chez les animaux à sang chaud, la perte intégrale proportionnelle paraît être tout à fait indépendante de la classe à laquelle un animal appartient, ainsi que du poids normal de son espèce. La perte moyenne pendant chaque jour est de 42/1000[es] du poids initial du corps. A une perte de poids de 1000 grammes, correspond une excrétion de 111,1 de fèces ramenées à un état de dessiccation aussi complet que l'air seul puisse communiquer.

L'obésité modifie jusqu'à un certain point la valeur de la perte intégrale proportionnelle. Ainsi la perte proportionnelle, qui en moyenne est 0,4, peut, chez les animaux très gras, s'élever jusqu'à 0,5.

Le jeune âge au contraire peut la diminuer jusqu'à 0,2.

Chez les animaux à sang froid, la perte proportionnelle nécessaire pour donner la mort est très sensiblement la même que chez les animaux à sang chaud; seulement la perte diurne n'étant que du trentième de celle des animaux à sang chaud, la vie se prolonge trente fois davantage.

Dans les cas d'alimentation insuffisante, la mort survient comme dans les cas d'inanitiation, lorsque la perte intégrale proportionnelle = 0,4. En nourrissant un animal d'une manière insuffisante, on retarde plus ou moins l'époque de la mort, mais on n'altère en rien la loi d'après laquelle la mort arrive. Dans l'un et l'autre cas, l'animal meurt dès que son poids atteint la limite de diminution compatible avec la vie.

Dans l'alimentation insuffisante, le poids des fèces représente, non-seulement les

(1) Avec Chossat (*Recherches expérim. sur l'inanition*, Paris, 1843) nous appellerons *inanitiation* le passage graduel du corps à un état dont le terme est l'*inanition*.

fèces qui correspondent à l'aliment ingéré, mais encore celles qui se rapportent à la quantité de matière animale détruite chaque jour pour fournir aux sécrétions, en complément de ce qui n'est pas donné par l'aliment. Ainsi donc, le corps se détruit d'une quantité de matière animale proportionnée au défaut de l'aliment.

Chez les oiseaux qu'on inanitie, la vie ne paraît pas prolongée par l'usage des boissons; chez les mammifères, la vie a été très sensiblement plus longue pour ceux qui ont eu de l'eau que pour les autres; mais c'est surtout pour les animaux à sang froid que l'influence conservatrice des boissons paraît être le plus prononcée. L'ingestion de l'eau, au delà de la soif, abrége la vie dans le rapport de 3 à 2.

La perte intégrale proportionnelle se répartit de la manière suivante, d'après les calculs de Chossat :

Parties qui perdent plus que la moyenne 0,400.		Parties qui perdent moins que la moyenne 0,400.	
Graisse	0,933	Estomac	0,397 (4)
Sang	0,750	Pharynx, œsophage	0,342
Rate	0,714	Peau	0,333
Pancréas	0,641	Reins	0,319
Foie	0,520	Appareils respiratoires	0,222
Cœur	0,448 (1)	Système osseux	0,167
Intestins	0,424 (2)	Yeux	0,100
Muscles locomotifs	0,423 (3)	Système nerveux	0,019

L'oscillation diurne et moyenne de la chaleur animale qui, dans l'état normal de l'alimentation, est = 0,74, devient, dans l'inanitiation, = 3,28.

L'oscillation diurne initiale est d'autant plus étendue que l'inanition a déjà fait plus de progrès; de telle façon que l'oscillation de la fin de l'expérience est à peu près double de celle du début. Les heures de midi et de minuit sont bien, sans doute, les époques du maximum et du minimum de la chaleur animale; mais l'oscillation diurne n'attend pas ces heures-là pour se développer. C'est ainsi que, pendant les différentes parties du jour proprement dit, la chaleur se rapproche plus ou moins de celle de midi, tandis que, pendant la nuit, elle se rapproche de celle de minuit.

Enfin, l'abaissement nocturne se prolonge d'autant plus avant dans la matinée et commence d'autant plus tôt dans l'après-midi, que l'animal se trouve déjà plus affaibli par la durée préalable de l'inanitiation.

L'alimentation insuffisante offre, quant à la chaleur animale, des résultats identiques avec ceux de l'abstinence complète.

Les animaux qu'on inanitie présentent les symptômes généraux suivants : Restés

(1) L'effet de l'inanition consiste à soutenir la circulation avec un cœur fait pour un corps de 4 pieds dans un corps de 5 pieds 5 pouces. Or, d'après la table de Buffon, un corps de 4 pieds est celui d'un enfant de huit ans. Ainsi, pour que la vie pût se continuer, il faudrait que le cœur d'un enfant de huit ans pût entretenir la circulation dans le corps d'un adulte.

(2) L'intestin se raccourcit de 0,291 de sa longueur première, il se rétrécit de la même quantité. Sa perte en superficie est donc de 0,497, ce qui explique comment il peut perdre de son poids sans danger de perforation.

(3) Le mouvement de décomposition, qui résulte de la privation de nourriture, s'exerce plus facilement sur ceux des muscles qui restent dans un repos obligé que sur ceux chez lesquels les mouvements ordinaires de l'animal entretiennent l'action nutritive et la force de résistance aux causes de déperdition.

(4) L'épithélium augmente dans la proportion de 1,09 à 1,23. Cette augmentation, produite par la pénétration des sucs digestifs, disparait par la dessiccation; on trouve alors une diminution de 1 à 0,90.

calmes pendant une partie plus ou moins grande de l'expérience, ils deviennent ensuite plus ou moins agités, et cette agitation continue aussi longtemps que la chaleur animale reste encore élevée. Le dernier jour de la vie, l'agitation est remplacée par un état de stupeur accompagné d'un affaiblissement graduellement croissant ; la station devient vacillante, la tête brûlante; les orteils, froids et livides, se mettent en boule ; bientôt l'animal tombe sur le côté et y reste couché sans pouvoir se relever : enfin, l'animal s'affaiblit de plus en plus, la respiration se ralentit, la sensibilité diminue graduellement, la pupille se dilate et la vie s'éteint, tantôt d'une manière calme et tranquille, tantôt après quelques spasmes, de légères convulsions et la rigidité opisthotonique du corps.

Le refroidissement est en moyenne de 0,3 par jour : mais, dans le dernier jour de la vie, il augmente dans la proportion : : 103 : 1. L'abaissement total est en moyenne, = 16°,3.

Ce refroidissement paraît résulter de ce que, dans les dernières heures de la vie, les mouvements respiratoires continuent à s'opérer sans que la fonction paraisse s'exécuter. En effet, dans les dernières heures de la vie, quand les évacuations alvines sont suspendues, la perte du corps n'est que de $0^{gr},0087$ par heure. Cette quantité devant être répartie entre la vapeur d'eau et l'acide carbonique, la perte sous ce dernier chef doit être nécessairement réduite à presque rien.

Enfin, quand on cherche à réchauffer des animaux arrivés au dernier degré de l'inanitiation, on remarque : 1° que la chaleur acquise par le réchauffement est une chaleur variable, qui ne présente point la quasi-fixité que présente la chaleur animale ; 2° que la caloricité, perdue par le passage du corps à l'état de mort imminente, ne se recouvre point par le réchauffement artificiel : 3° que la caloricité se recouvre par la digestion.

En résumé, « l'*inanitiation*, dit Chossat (1), est une cause de mort qui marche de front et en silence avec toute maladie dans laquelle l'alimentation n'est pas à l'état normal. Elle arrive à son terme naturel, quelquefois plus tôt, quelquefois plus tard que les maladies qu'elle accompagne sourdement, et peut devenir ainsi maladie principale là où elle n'avait d'abord été qu'épiphénomène. On la reconnaîtra au degré de destruction des chairs musculaires, et l'on pourra à chaque instant mesurer son importance actuelle par le poids relatif du corps. »

On le voit par tout ce qui précède, cette inanitiation rapide est la forme aiguë et exceptionnelle de cette maladie chronique et fréquente, l'*alimentation insuffisante*. Si elle devait, à ce titre, trouver sa place plutôt dans un traité de pathologie que dans ce livre, elle nous intéressait comme preuve de ce que nous avons dit des causes générales qui produisent la faim et des motifs qui nous empêchaient de localiser cette sensation.

Dans les conditions normales, la sensation de la faim se manifeste à des époques qui varient suivant les individus, les espèces, les races, suivant les climats, suivant les saisons, suivant le régime, suivant les âges, suivant les habitudes.

Nous avons déjà vu que les animaux à sang froid supportent beaucoup plus longtemps l'inanitiation que les autres, aussi est-il facile de conclure de cette observation, ce qui est conforme à la vérité, que plus la circulation sera rapide, plus, toutes choses égales d'ailleurs, reviendra fréquent et intense le besoin de manger.

(1) *Ouv. cit.*

Si l'on se rappelle que les aliments sont destinés à fournir à l'accroissement de l'individu et à sa calorification, on comprendra, ce que l'observation démontre aussi, que chez l'enfant, la faim soit plus vive que chez l'adulte, chez l'homme épuisé par le travail ou par la maladie que chez l'homme inactif et bien portant, dans les pays froids que dans les climats chauds, dans les saisons froides que dans les saisons chaudes. Enfin, il résulte des observations de Pommer (1), que les carnassiers résistent plus longtemps à la faim que les herbivores. Quant à l'habitude, on sait que, du moins dans la vie civilisée, elle a réglé les heures des repas et qu'en général la faim reparaît plus intense aux heures fixées habituellement pour l'alimentation, non-seulement chez l'homme, mais même chez les animaux domestiques.

Nous n'avons pas rapporté les cas d'abstinence prolongée pendant plusieurs jours, plusieurs semaines, plusieurs mois, plusieurs années. Nous croyons que si l'on fait la part de l'exagération, ces cas rares se réduisent à néant. La faim est une fonction tout animale dans laquelle l'esprit ne joue aucun rôle; or, comme chez les animaux la mort arrive, ainsi que nous l'avons vu, fatalement en assez peu de jours dans les cas d'inanitiation, il nous paraît impossible qu'il en soit autrement chez l'homme.

II. Les détails dans lesquels nous venons d'entrer nous permettront d'être bref sur cette partie des fonctions de réparation qui consiste dans la nécessité d'introduire dans l'économie des substances liquides, sur la *soif*.

La soif, comme la faim, est un besoin général de toute l'économie, qui se manifeste primitivement par une sensation spéciale dont le siége est dans le pharynx. De même que la première sensation de la faim se localise dans l'estomac, la première manifestation de la soif se produit à l'arrière-gorge. Mais ce qui prouve que cette sensation n'a pas, sur ce point, son siége véritable, exclusif, c'est que la soif peut disparaître sans qu'aucun liquide ait été mis en contact avec la muqueuse du pharynx. Bichat avait avancé que l'injection immédiate d'eau dans les veines parviendrait très probablement, par son mélange avec le sang veineux, à étancher la soif. Dupuytren a confirmé cette conjecture par des expériences nombreuses, dans lesquelles il parvenait à apaiser la soif d'animaux soumis à l'ardeur du soleil, en leur injectant dans les veines de l'eau, du lait, du petit-lait et divers autres liquides. Il n'était donc pas nécessaire d'humecter la muqueuse pharyngienne pour faire disparaître le sentiment qui indique le besoin de prendre des boissons; mais ici encore nous ferons observer, que de même qu'il suffit, pour tromper le premier sentiment de la faim, d'introduire des corps inertes dans l'estomac, de même il peut suffire, pour dissiper le premier sentiment de la soif, d'humecter la muqueuse pharyngienne ou même de la mettre en contact avec des corps froids. Il nous faut donc examiner, au sujet de la soif comme nous l'avons fait pour la faim : 1° la sensation locale, 2° le besoin général.

Le pharynx ou plutôt la muqueuse pharyngienne étant le siége de la première sensation de la soif, quel est le nerf qui sert à transmettre cette impression à l'encéphale ? Comme on le verra plus tard à propos de recherches sur le sens du goût, il m'est quelquefois arrivé de conserver vivants des chiens auxquels j'avais reséqué de chaque côté les nerfs glosso-pharyngien et lingual ; une fois guéris de leurs plaies, ces animaux m'ont paru boire, après chaque repas, dans les mêmes proportions que de coutume. Sur quelques-uns d'entre eux, j'ai pratiqué, en outre, la résection des

(1) *Medicin.-chirurg. Zeitung*, 1828, 1er Band.

pneumogastriques dans la région cervicale, et la soif s'est néanmoins fait sentir, *avec une grande vivacité*, dès le lendemain de l'expérience, et surtout les jours suivants, sans doute à l'occasion de la fièvre produite par l'inflammation de la plaie du cou. Or tous ces nerfs exclus, que reste-t-il pour expliquer la persistance de la sensation, sinon ici encore le grand sympathique? En effet, de nombreux filets du ganglion cervical supérieur enlaçant certaines divisions de l'artère carotide externe (1) pénètrent dans l'épaisseur de toutes les glandes salivaires, et quelques-uns aboutissent à la muqueuse du pharynx si richement pourvue de glandules mucipares. Par analogie et par voie d'exclusion, il est donc permis de croire que la *sensation pharyngienne* de la soif est transmise par le grand sympathique. Quant à la portion du centre nerveux où elle viendrait aboutir, nous ne pouvons que répéter ce que nous avons dit relativement à la faim, car les expériences que nous avons citées confondent ces deux formes du besoin d'aliments. Il est aussi probable que c'est dans les portions basilaires de l'encéphale (*mésocéphale* et *bulbe rachidien*) que se perçoit le sentiment de la soif.

S'il est vrai que la soif annonce le besoin de réparer les pertes des parties aqueuses que le sang a faites, toutes les circonstances qui augmenteront ces pertes devront augmenter la soif, toutes celles qui les diminueront en devront diminuer la fréquence ou l'intensité. En effet, les transpirations abondantes dans la suette, les diarrhées séreuses dans le choléra, les urines copieuses dans le diabète, rendent pressant le besoin d'introduire des liquides dans l'économie. L'introduction de certains aliments produit le même effet; car on sait qu'un solipède, en mangeant dans un repas 4 kilogrammes de foin, perd, pour humecter ce fourrage, environ 16 kilogrammes d'eau enlevée au torrent de la circulation. C'est probablement pour la même raison que certains aliments, tels que les farineux, occasionnent, pendant la durée de leur digestion, une soif très ardente. Les pertes de sang abondantes et rapides sont encore une preuve que la soif se lie au besoin de réparer la diminution des parties aqueuses du sang, car il est habituel qu'après une saignée ou une hémorrhagie abondante, il survienne une soif très vive. Sans doute alors il y a aussi perte des matériaux solides du sang, mais la prédominance considérable des parties liquides sur les solides, dans le fluide circulatoire, peut expliquer l'apparition plus rapide du besoin de boire que du besoin de manger.

Qui ne sait, d'ailleurs, quelle énorme influence a sur la soif l'état hygrométrique de l'atmosphère, dont la sécheresse et la chaleur, en favorisant la perspiration cutanée, diminuent la quantité des parties liquides du sang? Aussi est-il à peu près superflu d'ajouter que des expériences faites par Orfila il résulte que la diminution de la partie séreuse du sang est constamment en rapport avec la longueur de l'abstinence des boissons à laquelle les animaux sont soumis (2).

Il est encore une preuve indirecte que la soif provient, non du besoin d'introduire des liquides, mais du besoin de réparer les pertes que fait le sang de ses parties aqueuses, c'est que beaucoup d'animaux boivent très peu ou ne boivent pas, que l'homme même peut diminuer considérablement l'introduction des liquides. Mais ces animaux, mais l'homme, introduisent par leurs aliments, en apparence absolument solides, des quantités considérables d'eau. On se rappelle, en effet, que le

(1) Art. FACIALE, LINGUALE, TEMPORALE, MAXILLAIRE INTERNE, etc. (Voir tome II, 1re édit., de cet ouvrage, p. 340, 2e partie.)

(2) *Dict. des sc. méd.*, art. SOIF.

pain contient de notables proportions d'eau, que la viande et les végétaux frais en renferment des proportions bien plus élevées encore. Aussi, quand on nourrit des animaux, qui habituellement ressentent peu le besoin de boire, exclusivement d'aliments secs, ils souffrent et deviennent malades (1).

Les manifestations générales de la soif sont beaucoup plus violentes encore que celles de la faim. Elles n'ont jamais rien d'agréable, si légères soient-elles. Après la sensation de sécheresse, d'ardeur, de strangulation de l'arrière-gorge ; après la siccité, l'épaississement apparent de la langue, l'empâtement de la bouche, on voit survenir un état d'éréthisme général. La peau devient sèche et brûlante; l'œil s'injecte; le pouls fréquent démontre le développement d'une fièvre intense qu'accompagnent une accélération prononcée des mouvements respiratoires, la fétidité de l'haleine, une dysurie ou une ischurie plus ou moins violente, et souvent une constipation opiniâtre. Bientôt le délire se manifeste, il porte généralement sur des illusions qui sont relatives à la sensation qu'éprouvent les individus indésaltérés, et la mort termine cette scène d'angoisses au bout d'un temps variable, mais généralement beaucoup plus court que celui qui est nécessaire à la faim pour amener le même résultat. A l'homme trois ou quatre jours de privation absolue de boissons peuvent, dans certaines conditions, suffire pour causer la mort. Aussi la soif est-elle le plus atroce moyen d'action que les hommes aient inventé contre leurs semblables : c'est le supplice le plus horrible qu'aient pu imaginer les cruels tyrans de l'Orient; c'est l'arme la plus meurtrière que l'on ait employée dans les siéges dont l'histoire nous transmet les horreurs.

Quand on ouvre les cadavres d'individus morts de soif, on constate une sécheresse générale de tous les tissus, un épaississement des fluides sécrétés, un certain degré de coagulation du sang, enfin des traces nombreuses d'inflammation et quelquefois de gangrène des principaux viscères. En comparant ces effets à ceux de la faim, il semble que la soif tue comme une maladie inflammatoire, la faim comme une fièvre putride.

Enfin, s'il est plusieurs aliments contre la faim, il n'est qu'une boisson contre la soif, c'est l'eau, sous quelque forme et dans quelque condition d'association ou d'isolement qu'elle se présente.

DES ALIMENTS.

L'existence des animaux, nous l'avons dit, ne se maintient qu'à la condition d'un travail moléculaire incessant, accompli aux dépens de principes plus ou moins complexes qui se métamorphosent ou se détruisent par des phénomènes analogues à la combustion ; les animaux, dans ce but, empruntent à l'air son oxygène. De ce travail intime, et de la dépense qu'il entraîne avec lui, résulte la nécessité d'une réparation continuelle, indispensable à l'intégrité et à la permanence des organes.

L'absorption non interrompue de l'oxygène atmosphérique, l'introduction de certaines substances dites *alimentaires*, l'action réciproque de leurs produits déjà élaborés et de l'oxygène, telles sont donc les conditions fondamentales de l'entretien de la vie chez les animaux. Ce sont, en effet, ces mêmes substances qui, susceptibles d'éprouver dans l'organisme une série de transformations, doivent en s'assimilant maintenir ou accroître la masse de l'individu, remplacer les ma-

(1) Leuret et Lassaigne. *Rech. sur la digestion*, p. 197.

tériaux qu'il a perdus, ou bien aussi le mettre en possession d'une source de chaleur indépendante du milieu où il vit.

I. C'est le propre des recherches physiologiques modernes d'avoir démontré que les *aliments* (1) des animaux supérieurs et de l'homme, si divers qu'ils soient, peuvent se rapporter à un petit nombre de groupes dont chacun subit, pour devenir absorbable, des changements spéciaux. Ces groupes, au nombre de trois, comprennent :

1° Les matières albuminoïdes ou protéiques (albumine, fibrine, caséine, etc.).

2° Les matières grasses (beurre, huiles fixes, graisses).

3° Les matières saccharines, féculentes ou amyloïdes (sucres, amidon, etc.).

Qu'elles soient d'origine animale ou végétale, les premières, à cause de l'azote qu'elles contiennent, se désignent aussi sous le nom de *matières azotées neutres*, ou sous celui de *matières albuminoïdes*, parce que la composition chimique de toutes ces substances se rapproche sensiblement de celle de l'albumine. Toutes représentent des composés quaternaires et sont constituées par du carbone, de l'hydrogène, de l'azote et de l'oxygène. Quant aux matières qui appartiennent aux deux autres groupes, elles ne renferment pas d'azote, et, avec leur composition ternaire, elles contiennent seulement de l'oxygène, de l'hydrogène et du carbone.

C'est en se fondant sur la destination différente qui a été attribuée aux unes et aux autres, suivant qu'elles concourent plus spécialement à l'assimilation ou à la respiration, qu'on a encore appelé les matières azotées ou albuminoïdes *aliments plastiques*, réservant le nom d'*aliments respiratoires* aux matières amyloïdes et aux matières grasses.

Ainsi, parmi les premiers figurent, d'après Liebig (2), la fibrine végétale, l'albumine végétale, la caséine végétale, puis le sang et la chair des animaux qui renferment ces trois principes azotés et plusieurs autres tels que la créatine, la créatinine, etc. Dans les seconds se rangent, suivant le même auteur, le beurre, les graisses, les huiles fixes, l'amidon, la *gomme* (3), les sucres, la pectine, la bassorine, la bière, le vin, l'eau-de-vie, etc.

Destinés surtout, en effet, à la réparation, à l'entretien ou au développement des organes de l'économie, les aliments dits plastiques se combinent aussi plus ou moins lentement avec l'oxygène pour former une certaine quantité d'eau, d'acide carbonique, d'acide urique, d'urée, de sulfates, de phosphates, etc. ; mais, tout en s'oxydant en plus ou moins grande proportion, ils ne doivent point disparaître promptement par la combustion et ne concourent que pour une faible part à l'entretien de l'acte respiratoire ou à la production de la chaleur animale. Il n'en est plus de même des aliments appelés respiratoires qui, au contraire, afin de prendre la plus grande part à la respiration et à la calorification, s'unissent rapidement à l'oxygène et se brûlent presque entièrement, en donnant naissance à de l'eau, à de l'acide carbonique, et à un grand dégagement de chaleur, l'excès qui échappe à cette combustion étant excrété avec les urines ou utilisé par l'organisme.

(1) Ceux du moins qui sont tirés du règne organique, animal ou végétal.

(2) *Lettres sur la chimie*, p. 228. Trad. de Gerhardt. Paris, 1847.

(3) Il résulte des recherches de divers expérimentateurs, sur la gomme, que cette substance fait partie des matières qui, n'étant ni fermentescibles, ni putrescibles, ni oxydables au contact de l'air, traversent les voies digestives sans éprouver la moindre action de la part des réactifs de l'économie. La mannite est dans le même cas, d'après Mialhe. (*Chimie appliquée à la physiologie*, p. 26. Paris, 1856.)

Il ne faudrait pas néanmoins accorder une valeur trop absolue à cette distinction entre les aliments *plastiques* et les aliments *respiratoires ;* elle n'est fondée que d'une manière générale. En effet, l'animal privé d'une nourriture suffisante continue à absorber de l'oxygène, il brûle successivement d'abord ses graisses, puis son sang et ses propres tissus, de telle sorte que des substances, qui avaient fait partie intégrante de sa trame organique, fournissent des matériaux à l'oxygène de la respiration et deviennent ainsi aliments respiratoires. Au contraire, chez un animal qui engraisse, une certaine quantité des aliments dits respiratoires se dépose dans la trame de ses tissus, dont elle devient partie constituante, c'est-à-dire qu'elle est transformée en aliment plastique (1). Du reste, sans avoir recours à ces conditions exceptionnelles, ne sait-on pas que, même à l'état normal, tous les organes sont soumis à un mouvement incessant de composition et de décomposition ? Or, au bout d'un certain temps, les substances dites plastiques, qui font partie du tissu de ces organes, sont brûlées par l'oxygène du sang, pour s'échapper par la peau sous la forme d'acide sudorique ou hydrotique, par les reins sous forme d'urée, d'acide urique et d'acide hippurique, par le foie sous forme d'acides choléique et cholique, enfin aussi par les poumons sous forme d'acide carbonique et d'eau.

Les aliments plastiques ou azotés (substances quaternaires) peuvent donc, par une transformation chimique d'une partie de leur masse, ou autrement, remplacer dans de certaines limites les aliments respiratoires, quand ceux-ci font défaut dans l'alimentation; mais la réciproque ne saurait avoir lieu, une substance dépourvue d'azote, comme l'aliment respiratoire, ne paraissant pas pouvoir donner naissance, même au sein de l'organisme, à une substance azotée. Aussi, dans les expériences comparatives qui seront relatées plus tard, verrons-nous qu'on a obtenu des résultats bien différents chez les animaux soumis à l'usage exclusif des aliments plastiques et chez ceux qu'on soumet à l'usage exclusif des aliments respiratoires. Ajoutons que d'ailleurs, dans l'économie, il y a un produit accumulé qui peut fournir aussi, pendant un certain temps, les éléments de la combustion, quand les aliments respiratoires manquent d'une manière absolue; ce produit, c'est la graisse.

II. Les aliments végétaux sont réductibles, ainsi que les aliments d'origine animale, en principes immédiats azotés et en principes immédiats non azotés, de sorte qu'entre ces deux classes d'aliments, il n'y a, au point de vue de la composition, que des différences de proportions. Grâces aux progrès de la chimie organique, il est, en effet, démontré aujourd'hui que l'herbe des pâturages, les racines, les semences, la farine, etc., ramenées à ce qu'elles ont d'essentiel, présentent un ensemble de principes qui constituent des matières identiques avec celles dont se nourrit le carnivore (2). Il ressort de là que l'animal qui vit de substances végétales n'est herbivore que de nom, puisqu'en réalité il mange les mêmes matières que le carnassier, qu'il consomme et s'assimile les mêmes principes que lui. Dès lors, puisque ces principes subissent les mêmes mutations dans les voies digestives de ces deux groupes d'animaux, et que la nutrition s'y opère de la même manière, il devient aisé de concevoir que l'homme ait pu entretenir son existence

(1) Il est vrai que Liebig (*Nouvelles lettres sur la chimie*, p. 117. Paris, 1852.), à propos de l'eau et de la *graisse*, dit : « Elles n'ont jamais une forme propre, mais elles prennent toujours la forme des organes dont elles remplissent les pores ; elles ne comptent donc pas parmi les parties plastiques de l'organisme ni des aliments. »

(2) DUMAS et CAHOURS, *Annales de chimie et de phys.*, 3e série, t. VI.

à l'aide d'une nourriture exclusivement végétale ou exclusivement animale, ou bien qu'il soit parvenu à nourrir avec de la viande des chevaux, des vaches, des brebis, des pigeons, des poules, etc., et à faire vivre des vautours, des aigles, des milans, des chiens, etc., en les privant absolument de viande.

III. Maintenant, sans anticiper sur les détails que nous aurons à donner, plus tard, à propos de la digestion stomacale et intestinale, et aussi à propos de la nutrition proprement dite, passons en revue ces principes communs aux aliments d'origine végétale et aux aliments d'origine animale, principes sur lesquels nous verrons d'ailleurs les sucs digestifs avoir toujours le même mode d'action. Puis nous signalerons également d'autres principes alimentaires qui sont propres soit à l'un, soit à l'autre règne organique.

Ce sera là, assurément, une très utile introduction à l'étude des associations nouvelles, des changements de nature et de composition que doivent subir la plupart des substances alimentaires avant de passer à l'état de matière nutritive ou avant d'être éliminées. Trop heureux, quand parfois la Chimie pourra nous donner ou nous faire pressentir l'explication de décompositions et de métamorphoses si diverses !

1° Matières albuminoïdes ou protéiques.

Les chimistes admettent généralement trois matières albuminoïdes bien caractérisées, à part quelques autres moins connues, qu'une étude plus approfondie fera peut-être un jour rejeter comme des mélanges ou des substances impures ; ces trois matières sont l'*albumine*, la *fibrine* et la *caséine*.

Chacune de ces substances possède la propriété remarquable de se présenter sous deux modifications essentiellement différentes : à l'état soluble et à l'état insoluble.

Très répandues dans les liquides et dans les parties solides de l'organisme animal, ainsi que dans certains organes des végétaux, et renfermant du *soufre* et du *phosphore* parmi leurs éléments, elles paraissent posséder la même constitution chimique et ne différer que par leur état physique ou par la nature des substances minérales avec lesquelles elles sont combinées dans les parties organisées. Quelque soin qu'on mette à les purifier, les matières albuminoïdes, toujours incristallisables (1), ne s'obtiennent presque jamais exemptes de parties minérales, et donnent ordinairement à la combustion des quantités variables de cendres dans lesquelles le *phosphate de chaux* (2) ne manque jamais. L'albumine et la caséine, contenues à l'état soluble dans les parties végétales ou animales, fournissent des cendres chargées de carbonate alcalin ; les cendres de la fibrine insoluble, au contraire, ne renferment pas de semblable carbonate.

Il importe de noter l'extrême altérabilité des matières albuminoïdes, d'où résultent leur décomposition et leur transformation rapides en d'autres substances dont la nature varie suivant les circonstances. Cette altérabilité constitue un caractère qui les distingue de la plupart des autres principes organiques, et qui les rend particulièrement aptes à agir comme des *ferments* au contact de certains composés (3).

(1) L'*hématocristalline* exceptée.

(2) Nous aurons l'occasion d'insister plus loin sur l'importance du phosphate de chaux comme *aliment minéral*.

(3) La *levûre de bière*, la *lie de vin*, la *diastase végétale*, etc., ne sont que des matières albuminoïdes qui se trouvent dans un état particulier de décomposition.

C'est en vertu de cette même altérabilité et de l'équilibre chimique fort instable de leurs molécules, qu'elles constituent les véritables médiateurs des transmutations organiques, et prennent ainsi part aux fonctions les plus importantes.

Quant à l'identité presque parfaite de leur composition, sur laquelle Liebig a particulièrement insisté, elle explique comment, dans l'économie, ces substances peuvent et doivent passer, avec la plus grande facilité, de l'une à l'autre.

Cette composition comparée est la suivante (1) :

	Fibrine des deux règnes (2).	Caséine des deux règnes.	Albumine des deux règnes.
Carbone.	52,75	53,56	53,47
Hydrogène.	6,99	7,10	7,17
Azote	16,57	15,87	15,72
Oxygène.	23,69	23,47	23,64
	100,00	100,00	100,00

Chacun, d'ailleurs, connaît leurs trois réactions caractéristiques : 1° elles se colorent en rouge quand on les met en contact avec un mélange d'azotate et d'azotite de mercure ; 2° bouillies avec de l'acide chlorhydrique concentré, elles s'y dissolvent en communiquant à la liqueur une teinte bleue ; 3° elles se dissolvent aussi dans la potasse ou la soude caustique, et, si l'on sature la dissolution par l'acide acétique, il se sépare une substance azotée sous la forme de flocons grisâtres ; en même temps il se dégage de l'hydrogène sulfuré, et l'on trouve de l'acide phosphorique dans la liqueur. La substance que l'acide acétique met en liberté porte le nom de *protéine* (3) ; elle présente aussi les trois réactions caractéristiques des matières albuminoïdes, et a toujours la même composition, quel que soit le principe qui l'a engendrée. C'est pourquoi on a nommé *protéiques* toutes les matières qui peuvent servir à préparer la protéine.

Certains chimistes supposent que les matières protéiques ou albuminoïdes sont composées du même radical *protéine* et de très faibles quantités de *soufre* et de *phosphore ;* mais, suivant d'autres, rien ne prouve la préexistence de la protéine, qui semblerait être plutôt un produit de l'action des alcalis.

On ne saurait donc affirmer, jusqu'à présent, si les matières albuminoïdes, qui revêtent dans l'organisme les formes les plus variées, sont des combinaisons particulières d'une même substance fondamentale, ou si elles représentent simplement des corps d'une constitution analogue. Mais, comme nous le verrons plus tard, ce qu'on ne saurait non plus dire, c'est que les métamorphoses qu'elles subissent dans l'économie, en vertu de leur constitution complexe, soient encore élucidées : que sait-on, par exemple, sur la manière dont la fibrine, la caséine, la glutine, etc., transformées en chyme dans l'estomac puis introduites dans la masse des liquides, se convertissent finalement en albumine normale telle que la renferme le sang ?

Avant de terminer cette esquisse des caractères communs aux matières albuminoïdes, disons dès maintenant, pour y revenir en détail à propos de la digestion, que, quelle que soit la matière albuminoïde ingérée (fibrine, albumine, caséine, glu-

(1) MALAGUTI, *Leçons de chimie*, 2e partie, p. 25. Paris, 1853.

(2) Ces analyses sont extraites d'un travail de Dumas et Cahours ; mais, suivant des analyses ultérieures, il semblerait que la fibrine aurait la composition suivante : carbone, 62,78 ; hydrogène, 6,96 ; azote, 16,78 ; oxygène, 13,48.

(3) De πρῶτος, premier, qui tient le premier rang.

tine, etc.), le produit ultime de sa transformation, dans l'estomac, par l'action catalytique de la *pepsine*, paraît être le même, au moins quant à son essence. Ce produit a été désigné sous le nom d'*albuminose* (Mialhe), et sous celui de *peptone* (Lehmann) pour rappeler qu'il doit sa formation au ferment gastrique ou pepsine. Du reste, nous pouvons le noter à l'avance, ce produit encore assez mal défini et quelque peu diversifié, n'est, comme l'ont cru divers physiologistes, ni l'albumine proprement dite, ni aucun des autres produits constituants du sang; mais, suivant l'expression de Burdach (1), un rudiment de ces diverses substances, une sorte de matière neutre aux dépens de laquelle toutes peuvent prendre naissance, ou encore, comme s'exprime Truttenbacher (2) une masse plastique indifférente. Soluble, endosmotique et assimilable, cette albuminose ou peptone est promptement absorbée par tous les appareils de sécrétion et de composition organique, après avoir passé des voies digestives dans la circulation générale. Nous indiquerons, plus tard et en leur place, ses caractères propres et différentiels.

A. *Albumine.* — Elle est contenue en quantité considérable dans le blanc d'œuf, dans le chyle, la lymphe, le sérum du sang et conséquemment, en plus ou moins grande abondance, dans presque toutes les parties animales, imprégnées qu'elles sont par le sérum. On la trouve dans beaucoup de sucs végétaux; le suc des carottes, des navets, des tiges de pois verts, des choux, etc., en est particulièrement chargé. La farine de blé en contient une quantité assez notable qu'on peut obtenir facilement par l'eau froide : quand on lave la pâte de farine pour en séparer le gluten, l'eau qui s'écoule entraîne l'amidon et retient en dissolution l'albumine végétale, ainsi qu'un peu de sucre et de dextrine; par le repos, l'amidon se sépare du liquide. Les graines oléagineuses ou émulsives renferment aussi de l'albumine en proportions variables (3).

Tandis que l'albumine animale se trouve toujours dans les liquides alcalins, l'albumine végétale se rencontre constamment, au contraire, dans des liquides neutres ou acides (Dumas et Cahours). L'une et l'autre présentent d'ailleurs les mêmes réactions avec les acides, les alcalis, le tannin, le bichlorure de mercure.

Ce n'est point de l'albumine libre qu'on observe dans les liquides de l'organisme animal, c'est de l'albuminate à base d'alcali; le sérum du sang et le blanc d'œuf sont en majeure partie composés d'albuminate de soude, à l'état de mélange avec le sel marin et le phosphate de chaux.

Pendant longtemps on a cru que l'albumine de l'œuf ne différait aucunement de l'albumine du sang (sérum) : mais il paraît en être autrement d'après les expériences de Melsens (4). En effet, on peut, par l'agitation ou le battage du blanc d'œuf filtré plusieurs fois, réunir l'albumine sous forme de membranes qui offrent à peu près l'aspect d'un tissu cellulaire artificiel. Cette transformation ne réussit pas avec le sérum.

Harling (5) conteste l'identité des membranes animales et du produit de Mel-

(1) *Traité de physiologie*, trad. de Jourdan, t. IX, p. 311.

(2) *Der Verdauungsprocess*, p. 7, 24.

(3) L'albumine des amandes douces (*émulsine* de Liebig et Woehler) est remarquable par la facilité avec laquelle elle s'altère, et par la propriété qu'elle possède alors d'agir comme ferment, et de déterminer la transformation de l'*amygdaline* en huile volatile d'amande amère et en acide cyanhydrique. Cette albumine altérée est encore connue sous le nom de *synaptase*.

(4) *Annales de chim. et de phys.*, t. XXXVIII, p. 170.

(5) Harling, *Jahrb. f. d. gesammte Medicin v. Smidt*, LXXV, p. 148.

sens. Dans les expériences que j'ai tentées moi-même à ce sujet, sans avoir pu constater la texture membraneuse dont il s'agit, j'ai démontré que l'albumine était assez notablement modifiée pour constituer un état intermédiaire à celui de l'albumine proprement dite, et de ce produit ultime de la transformation des aliments albuminoïdes par l'acte de la digestion, qu'on nomme *albuminose* ou *peptone*.

On sait que quand on fait bouillir, pendant soixante heures au moins, de l'eau tenant en suspension de l'albumine *coagulée*, celle-ci disparaît peu à peu parce qu'elle s'oxyde et devient soluble (1). C'est à cette *albumine de cuisson* que Lucien Corvisart (2) a reconnu tous les caractères de ce qu'il appelle un *nutriment*, c'est-à-dire d'une substance tout aussi directement assimilable, dans ce cas particulier, que l'albumine qui aurait été digérée dans l'estomac lui-même. Ainsi, d'après L. Corvisart, par la cuisson prolongée dans l'eau, l'albumine peut acquérir les propriétés *nutrimentaires* que l'acte digestif a ordinairement seul mission de donner aux aliments.

Quant à l'albumine coagulée (et il est à noter que l'albumine en se coagulant perd une partie du soufre qu'elle renferme), on ignore si elle se rencontre toute formée dans l'économie; il est fort possible d'ailleurs que la substance qu'on désigne sous le nom de *fibrine* ne soit quelquefois elle-même que le résultat de la coagulation de l'albumine au sein de l'organisme. On ne connaît, en effet, aucun moyen rigoureux de distinguer de la fibrine l'albumine coagulée. D'après Scherer, la fibrine n'est qu'un premier degré d'oxydation de l'albumine. Ce qu'il y a de certain c'est que, dans l'œuf des ovipares, la fibrine procède évidemment de l'albumine qui existe seule dans l'origine, et sa formation coïncide avec l'établissement de la respiration, c'est-à-dire avec l'absorption d'oxygène.

A propos de ces métamorphoses des matières albuminoïdes les unes dans les autres, métamorphoses si dignes d'intérêt au point de vue physiologique, il importe encore de rappeler que l'albumine, par l'addition d'un peu d'alcali libre, acquiert les caractères de la *caséine*, et que, dans la putréfaction de la fibrine, il se produit, entre autres corps, une substance qui présente la composition et tous les caractères de l'albumine.

Quand on considère que, pendant l'incubation de l'œuf, l'albumine paraît se transformer en fibrine et donner naissance, avec le concours de l'oxygène atmosphérique, à toutes les substances azotées de l'organisation animale rudimentaire (3), et qu'après cette époque l'albumine semble être encore comme la source et la base de toute la série de tissus particuliers qui sont le siége des activités organiques, il ne faut pas trop s'étonner qu'aux yeux de certains physiologistes la digestion ait paru avoir pour essence de réduire tout en albumine, de transformer en ce principe tous les aliments, y compris ceux qui n'en contiennent pas la moindre trace avant

(1) MULDER et BAUMHAUER (*Journ. f. prakt. Chem.*, XX, 346 ; XXXI, 295), ayant analysé ce produit, l'ont trouvé surtout très azoté ; il renferme : carbone, 50,98 ; hydrogène, 6,69 ; oxygène et soufre, 15,01 ; azote, 27,32 ; = 100,00.

(2) *Études sur les aliments et les nutriments*, etc., p. 14 et suiv. In-8, 1854, Paris.

(3) Sans doute aussi la *vitelline*, ou matière azotée du jaune, joue ici son rôle ; mais, d'après les expériences de Dumas et Cahours, elle paraît n'être que de l'albumine modifiée.

L'albumine du blanc et du jaune d'œuf contient du soufre et de l'azote comme l'albumine du sang ; les deux albumines renferment, pour 1 équivalent d'azote, 8 équivalents de carbone ; et, outre ces corps simples, les éléments de l'eau dans les mêmes proportions. Sauf une légère quantité de soufre, que l'albumine de l'œuf contient en plus, ces deux albumines sont identiques sous le rapport de la composition et des *principales* propriétés.

de subir l'influence digestive (1). Nous dirons, en revenant plus tard sur cette opinion, où est l'exagération, où est l'erreur.

B. *Fibrine.* — Comme l'albumine, la fibrine est un des principes essentiels du chyle, de la lymphe et du sang, dont elle constitue la partie spontanément coagulable. Dans la viande, la plus nourrissante de toutes les substances alimentaires, sa proportion s'élève à environ 70 centièmes du poids de cette dernière exempte de graisse; la fibrine forme, en effet, la base des muscles.

Dans un nombre considérable de graines, surtout dans la graine du blé et en général dans toutes les céréales, se trouve aussi un produit qui possède la plus grande ressemblance avec la fibrine animale : c'est le *gluten*. Nous reviendrons sur l'étude de ce corps d'ailleurs complexe, et qui joue un rôle si important dans les propriétés nutritives des différentes farines.

Quand un suc végétal récemment exprimé est abandonné à lui-même, il s'y dépose *spontanément*, au bout de quelques minutes, un précipité gélatineux, ordinairement de couleur verte, et qui, traité par certains liquides destinés à lui enlever sa matière colorante, laisse enfin une substance d'un blanc grisâtre. C'est là un des aliments azotés des herbivores; il a reçu le nom de *fibrine végétale*. Le suc des graminées en est particulièrement chargé.

La fibrine ne peut être isolée du sang ou des sucs végétaux qu'à l'état coagulé et insoluble, bien que ces liquides la renferment en dissolution. Cette coagulation, dont l'explication reste à donner, n'est pas, comme on l'avait supposé, un effet de l'action de l'air, puisqu'elle a lieu également bien à l'abri du contact de l'atmosphère (2). Il est probable aussi que, durant la vie, la chair renferme la fibrine à l'état soluble et non coagulé; il semble du moins que la rigidité des muscles, après la mort, provienne d'un passage analogue de la fibrine soluble à l'état coagulé (3).

Pour certains auteurs, il y aurait, entre la fibrine des muscles (*musculine* ou *syntonine*) et la fibrine du sang, une première différence fondée sur ce que la musculine serait soluble dans l'eau contenant un dixième d'acide chlorhydrique (4), tandis que la fibrine du sang, traitée de la même manière, se gonflerait et deviendrait gélatineuse sans se dissoudre. Sans entrer dans les détails des expériences comparatives que j'ai faites à ce sujet, je me crois autorisé à nier un pareil caractère différentiel, l'insolubilité de la fibrine du sang, dans ces conditions, ne pouvant être soutenue comme un fait expérimental exact.

Des considérations d'un autre ordre tendent à séparer la fibrine du sang de la *musculine*. D'après des expériences récentes, il paraîtrait que la musculine est beaucoup plus nutritive que la fibrine du sang, et que cette dernière ne serait pas assimilable, tandis que la musculine se comporterait, par rapport à l'alimentation,

(1) « L'albumine, dit Liebig (*Nouvelles lettres sur la chimie*, p. 186, Paris, 1852), réunit » toutes les conditions d'un corps essentiellement nutritif, et l'expression d'*aliment* ne convient, à » proprement parler, qu'à des matières contenant de l'albumine ou *une substance capable de se* » *convertir en albumine.* »

(2) SCHROEDER VON DER KOLK, *Comment. de sang. coagul.*, Groningue, 1820, p. 46. — MAGNUS, *Ann. de Poggendorf*, XL, p. 598.

(3) « Tout porte à penser, dit Dumas (*Chimie physiol. et méd.*, p. 337. Paris, 1846), que la fibrine du sang n'y est pas en dissolution, mais qu'elle s'y trouve seulement dans un état de division extrême, qui se maintient tant que le liquide est en mouvement, mais qui, dans le liquide en repos, cesse presque tout à coup, par suite de la disposition qu'ont les particules de fibrine à se réunir en un réseau fibreux ou membraneux. »

(4) Le même acide duquel plusieurs physiologistes font dépendre l'acidité du suc gastrique.

comme l'albumine, c'est-à-dire comme le principe le plus assimilable de tous les principes organiques. (En ce moment nous réservons la question de savoir si l'on doit considérer la musculine comme le principe nutritif exclusif de la viande.)

Enfin on prétend que les cendres de la musculine ne sont point ferrugineuses : or on sait qu'il en est autrement des cendres provenant de la fibrine du sang.

Quoi qu'il en soit de la valeur des précédentes assertions, nul doute que la fibrine des muscles n'ait beaucoup d'analogie avec la fibrine du sang spontanément coagulée, et qu'une fois coagulées l'une et l'autre par l'ébullition, elles ne présentent pas de propriétés qui les différencient *essentiellement* des autres matières albuminoïdes solidifiées par le même moyen.

Quant à la fibrine naturellement coagulée, quelle que soit son origine, elle présente plusieurs propriétés différentes de celles de la fibrine rendue solide par l'ébullition. La première se distingue de la seconde en ce qu'elle se décompose à l'air avec la plus grande facilité, et s'y putréfie, en absorbant l'oxygène, plus rapidement que toute autre substance albuminoïde. Avec une dissolution étendue de nitrate de potasse (1 p. de sel dans 17 p. d'eau), elle forme un solutum qui se coagule par la chaleur comme l'albumine (1), etc., ce que ne fait pas la fibrine bouillie dans l'eau, etc.

Plus haut, en faisant allusion aux intéressantes métamorphoses des matières albuminoïdes les unes dans les autres, en parlant aussi de l'albumine de l'œuf et du concours qu'elle prête, lors de l'incubation, au développement des parties azotées de l'organisme, nous disions que la fibrine procédait évidemment de l'albumine alors seule existante, et qu'elle ne paraissait être qu'un premier degré d'oxydation de cette dernière. Il importe d'ajouter que, réciproquement, la fibrine musculaire digérée peut de nouveau acquérir, dans l'économie vivante ou ailleurs, les propriétés de l'albumine du sang. « Il serait puéril, dit Liebig (2), au point où en sont nos connaissances sur la digestion des carnivores, d'exiger la preuve de cette assertion... Rien ne serait plus aisé d'ailleurs que de fournir cette preuve, la fibrine musculaire pouvant, en dehors de l'économie, être convertie en albumine, au moyen d'une réaction analogue à celle qui fluidifie les aliments dans l'estomac. En effet, si l'on abandonne au contact de l'air de la fibrine recouverte d'eau, il s'en décompose une petite quantité, et cette décomposition a pour effet de rendre tout le reste liquide et soluble dans l'eau; la solution se comporte comme le sérum du sang et se prend par la chaleur en un coagulum blanc dont les propriétés sont identiques avec celles de l'albumine du sang. »

Ainsi, dans le travail vital, l'albumine et la fibrine du sang peuvent l'une et l'autre devenir fibre musculaire, et réciproquement la substance des muscles peut se transformer de nouveau en sang. Les physiologistes sont depuis longtemps d'accord sur ce point, mais il appartenait à la chimie de démontrer que ces métamorphoses s'effectuent, pour l'un et pour l'autre corps, sans l'intervention d'aucun élément étranger, c'est-à-dire sans que rien s'ajoute à eux-mêmes ni en soit éliminé.

C. *Caséine.* — La caséine est aussi une des matières azotées communes aux aliments d'origine animale et à ceux d'origine végétale. Elle constitue l'élément

(1) LEHMANN, *Précis de physiologie animale*, p. 89 ; trad. franç. Paris, 1855.—DENIS, *Arch. gén. de méd.*, fév. 1838, p. 174 ; *Journal de chimie médicale*, (3) IV, 191.
(2) *Nouvelles lettres sur la chimie*, cit., p. 107.

nutritif du lait, cette boisson si parfaite, que, dans le jeune âge, elle peut servir, seule, à nourrir les herbivores aussi bien que les carnivores. Quelques auteurs admettent également l'existence de la caséine dans le sang, notamment dans le sang des enfants à la mamelle et des femmes enceintes peu avant la délivrance (1). Einhof (2), au commencement de ce siècle, a, le premier, signalé la présence du même principe azoté (appelé par lui substance *végéto-animale*) dans les haricots, les lentilles, les pois, etc., et les recherches d'auteurs plus modernes sont en effet venues démontrer que les propriétés de la caséine des plantes sont absolument les mêmes que celles de la caséine animale.

A ce propos, on trouve, dans une relation de Itier sur la Chine, un détail curieux qui met bien en évidence, indépendamment de toutes les observations chimiques, l'identité de nature des deux caséines. Cet observateur rapporte que les Chinois préparent de vrais fromages avec les *pois* : à cet effet, ils les réduisent, par la cuisson, en une bouillie qu'ils passent et font cailler avec de l'eau de plâtre. Le caillot est ensuite traité comme le fromage précipité du lait par la présure. On presse la masse solide pour en séparer le liquide, on y incorpore du sel, et on les met dans des formes. Le fromage ainsi obtenu a l'odeur et le goût du fromage préparé avec le lait ; il se vend dans les rues de Canton sous le nom de *tao-foo*, et est fort recherché à l'état frais.

La caséine, très peu soluble dans l'eau, est naturellement liquide dans l'organisme, où sa dissolution paraît être assurée à l'aide d'un alcali. Toutefois, dans le lait, une certaine portion de caséine n'y est que suspendue et forme émulsion. En effet, le lait filtré n'est point limpide, et pourtant, d'après Doyère, on n'y observe plus de globules graisseux : l'aspect émulsif, qui ne tient plus ici à la présence du beurre, est lié à celle de la caséine en suspension.

L'ébullition ne détermine pas la coagulation de la caséine, comme cela a lieu pour les solutions d'albumine. Ce qui la distingue encore de ce dernier principe azoté, c'est qu'elle se coagule par le sulfate de magnésie, par l'acide acétique et l'acide lactique. Ajoutons, et cette particularité doit être connue du physiologiste, que, de plus, elle jouit de la propriété d'être coagulée par la simple action de contact de certains corps d'origine animale, comme, par exemple, la *présure* sèche ou liquide, neutre ou acide, provenant de la *caillette* des ruminants, ou bien par le suc gastrique des carnivores.

Du reste, l'analyse chimique démontre que la caséine, sauf une proportion moindre de soufre, renferme les mêmes éléments que l'albumine ou la fibrine, et à peu près dans les mêmes proportions (3).

Aussi, très probablement la caséine tire-t-elle ses matériaux de formation de l'albumine du sang, sans qu'on puisse positivement affirmer si elle se forme seulement dans les glandes mammaires, ou si elle prend naissance déjà dans le sang lui-même : rappelons encore qu'à propos de l'albumine nous avons vu qu'il suffisait d'ajouter un peu d'alcali libre à cette substance pour lui faire acquérir les caractères de la caséine. Réciproquement, ce principe azoté du lait, qui en forme l'élément nutritif, devra, à son tour, fournir au jeune animal les parties essentielles de

(1) NATALIS GUILLOT et F. LEBLANC, *Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, t. XXXI, p. 585. — PANUM, *Ann. de chimie et de physique*, 3e série, t. XXXVII, p. 237. — MOLESCHOTT, *Journ. f. prakt. Chem.*, t. LV, p. 237.

(2) *Neues allgem. Journ. d. Chemie*, V.-A. Gehlen, t. VI, p. 126 et 548. Ann. 1805.

(3) Voir plus haut la composition centésimale comparative qui a été donnée de ces trois principes immédiats.

son sang, et constituer nécessairement la matière première aux dépens de laquelle vont se développer ses divers organes; car ni le beurre, ni le sucre de lait ne renferment d'azote (1), et il est généralement admis que l'azote de l'atmosphère ne trouve pas d'emploi dans ce développement organique.

Ainsi, pendant l'incubation de l'œuf, si, comme nous en faisions la remarque plus haut, l'albumine, alors seule existante, paraît se transformer en fibrine et aussi donner naissance, avec le concours de l'oxygène atmosphérique, à toutes les parties azotées de l'organisme, après cette époque pareil rôle (celui de fournir aux tissus des jeunes mammifères les éléments nécessaires pour se développer) reviendrait surtout à la caséine durant une certaine période.

Par sa nature azotée, la caséine est donc appelée à jouer, dans l'alimentation, un rôle considérable et parallèle à celui de l'albumine.

Coagulée et mêlée avec une certaine quantité de beurre, la caséine constitue la substance connue sous le nom de *fromage*. Sous cette forme, elle tend à devenir un corps catalytique, ou ferment, apte à agir par simple contact sur certains composés. De là cette supposition que si le fromage, pris à la fin du repas, favorise réellement la digestion, c'est qu'il peut agir comme ferment sur d'autres aliments azotés déjà gonflés par le suc gastrique et concourir ainsi à leur liquéfaction.

Après cette étude, à notre point de vue spécial, des matières albuminoïdes généralement admises (albumine, fibrine, caséine), il nous suffira de mentionner seulement, parmi les produits analogues d'*origine animale* : 1° la *Globuline*, qui semble n'être autre chose qu'une combinaison encore assez peu connue d'albumine et de fibrine, réunie dans les globules rouges du sang à une certaine proportion de matière colorante; 2° la *Vitelline*, ou matière azotée du jaune de l'œuf des oiseaux, que les expériences de Dumas et Cahours ont fait regarder comme de l'albumine modifiée, et que Lehmann croit être un mélange d'albumine et de caséine; 3° l'*Ichthine*, l'*Ichthuline* et l'*Ichthidine*, l'*Émydine*, ou substances vitellines et albuminoïdes récemment signalées par Fremy et Valenciennes (2) dans le jaune des œufs de poisson et de tortue, etc.

Comme dérivés immédiats des matières albuminoïdes, la *gélatine* et la *chondrine* vont, un moment, fixer notre attention; puis, après l'examen de divers principes immédiats azotés d'*origine végétale*, viendra l'étude des *matières grasses naturelles* ou aliments dits respiratoires.

D. *Gélatine et Chondrine.* — La partie organique des os, les tendons, les ligaments, les membranes fibreuses, le derme cutané et le derme muqueux, le tissu cellulaire, les membranes séreuses, etc., après une ébullition prolongée dans l'eau, finissent par s'y dissoudre complétement, et donnent des liqueurs visqueuses qui, en se refroidissant, se prennent en gelée; d'où le nom de *gélatine* réservé au produit ainsi obtenu de ces diverses substances (3). Quant au produit de l'ébullition prolongée des cartilages, on l'a nommé *chondrine*.

Ainsi ces deux substances n'existent pas toutes formées dans les animaux : elles

(1) D'après Lehmann, on ne rencontre l'*albumine* dans le lait qu'à la suite des affections inflammatoires des glandes mammaires. Pourtant, Doyère et d'autres l'y admettent comme principe normal.

(2) *Comptes rendus des séances de l'Acad. des sciences*, t. XXXVIII, p. 472, 528, 571.

(3) La gélatine entre aussi, mais en quantité assez faible, dans la composition de la chair musculaire : de 1000 grammes de chair de bœuf, on n'extrait guère que 6 grammes de gélatine, provenant sans doute et surtout du tissu celluleux inter-fibrillaire.

sont le produit de l'altération que certaines parties des animaux mêmes éprouvent sous l'action de l'eau en ébullition pendant plusieurs heures.

En passant à l'état de gélatine, les matières animales ne perdent aucun de leurs éléments, mais elles perdent leur organisation et avec elle, comme nous le verrons, une grande partie de leur faculté nutritive : aussi la peau, les tendons, les cartilages, etc., suffisamments cuits, nourrissent bien autrement que la gélatine qu'ils peuvent contenir.

Puisque la gélatine ne saurait être considérée que comme un produit artificie formé aux dépens de la substance constitutive du tissu cellulaire, des tendons, etc., substance qui, pour être obtenue telle qu'elle est dans l'économie, exigerait l'emploi de procédés plus délicats, il y aurait donc lieu d'appliquer des noms distincts à l'une et à l'autre matière ; de même qu'à cet autre produit artificiel qui s'obtient par l'action de la potasse sur l'albumine, la fibrine et la caséine, on a réservé une dénomination (*protéine*) différente du nom propre à chacune de ces substances.

Quoi qu'il en soit, la gélatine et la chondrine diffèrent l'une de l'autre par leur composition et par quelques réactions chimiques. Les dissolutions de chondrine sont précipitées par le sulfate d'alumine, l'alun, le sulfate de fer, qui ne troublent pas la dissolution de gélatine. Voici les formules que l'on a déduites de leur analyse : $C^{32} H^{26} Az^4 O^{14}$ = chondrine, $C^{13} H^{10} Az^2 O^5$ = gélatine ; mais ces formules sont très incertaines, car on n'a aucun moyen de constater la pureté de l'une et de l'autre substance, et l'on n'a pu en déterminer les équivalents, parce qu'on n'en connaît, avec certitude, aucune combinaison définie. Du reste, quant aux applications de ces substances, on ne fait aucune distinction entre elles et on les confond sous le nom commun de gélatine.

Il importe de rappeler ici que, d'après Mulder, la gélatine renferme presque toujours environ demi pour 100 de substances inorganiques, et surtout du *phosphate de chaux* dont on connaît toute l'importance comme aliment minéral. Une particularité remarquable de la solution de gélatine, c'est qu'elle dissout beaucoup plus de chaux et de phosphate de chaux que n'en dissout l'eau pure.

On sait que l'acide sulfurique fait subir à la gélatine une transformation fort curieuse : il la change en une matière cristallisable, capable de jouer le rôle d'un alcaloïde faible et douée d'une saveur sucrée ; cette matière, qui est soluble dans l'eau et insoluble dans l'alcool et l'éther, a reçu le nom de *sucre de gélatine* ou de *glycocolle* (1).

On ignore l'équation d'après laquelle les matières qui fournissent la gélatine dérivent des matières albuminoïdes, ainsi que les conditions dans lesquelles s'accomplit cette transformation. Notons seulement que le rôle des substances le plus susceptibles de se transformer en gélatine est plus particulièrement de nature mécanique.

La chondrine contient un peu de soufre, aussi est-elle considérée comme plus voisine des matières albuminoïdes que la gélatine ; elle semble être comme un terme intermédiaire dans la transformation de ces matières en gélatine.

Dans la maladie dite *leucémie*, cette dernière se trouverait toute formée dans le liquide de la rate et dans le sang (2).

(1) Contre l'opinion généralement admise, Gerhardt (*Traité de chimie organique*, t. II, p. 541, Paris, 1854,) regarde cette substance comme *fermentescible*. Il affirme qu'en faisant bouillir de la gélatine animale pendant quelques heures avec de l'acide sulfurique dilué, il a obtenu du sulfate d'ammoniaque et une quantité considérable d'*une matière sucrée se transformant, par la fermentation, en alcool et en acide carbonique.*

(2) LEHMANN, *Précis de chimie physiologique animale*, p. 96. Trad. franç., Paris, 1855.

Ailleurs viendra l'examen des opinions contradictoires qui ont été émises à propos de la propriété nutritive de la gélatine.

E. *Gluten et glutine.* — Ce qui caractérise principalement plusieurs plantes alimentaires appartenant à la famille des graminées et connues sous le nom de *céréales*, c'est la présence du *gluten* ou matière azotée qui y figure en proportions plus fortes que dans toutes les autres graines alimentaires. Aussi, parmi les substances tirées des végétaux, les grains ou fruits des céréales jouent-ils le principal rôle dans l'alimentation des hommes (1).

Le gluten brut, obtenu en pétrissant sous un mince filet d'eau de la farine de froment, par exemple, est une substance complexe qui ne renferme pas moins de quatre produits distincts : 1° de la fibrine végétale ; 2° de la caséine végétale ; 3° de la *glutine ;* 4° des matières grasses mélangées avec les trois corps précédents.

Le gluten peut donc représenter un aliment *complet* en ce sens qu'il contient des matières grasses et des matières azotées. Aussi, dans certaines expériences qui ont été faites sur le pouvoir nutritif de divers principes alimentaires, *isolés*, verrons-nous sans étonnement que le régime du gluten s'est montré suffisant pour l'entretien de la vie.

Quant à la *glutine*, qui ne paraît être qu'une modification de l'albumine, elle est généralement considérée comme un principe immédiat azoté, et constitue cette partie du gluten des céréales qui est soluble dans l'alcool (2). Toutefois, quelques chimistes prétendent qu'elle ne constitue pas une *espèce*, et la regardent comme de l'albumine ou de la caséine altérées.

(1) Nul doute que le gluten ne soit la partie qui donne à la farine les qualités éminemment nutritives et qui la rende propre à la fabrication du pain. Sans le gluten, une farine ne peut donner une pâte bien levée ni un pain bien léger et poreux. Quant à ses proportions, elles varient, dans une bonne farine, suivant l'espèce de blé qui l'a fournie, suivant le climat, la nature du sol, les engrais, la température de l'année, etc. Quelques-unes de ces variations sont démontrées par le tableau suivant, que j'emprunte à Payen (*Traité des substances alimentaires*).

Ce tableau comprend les principales graminées alimentaires :

	Amidon.	Matières azotées.	Dextrine et substances congénères.	Matières grasses.	Cellulose ou tissu végétal.	Matières minérales.
Blé dur de Venezuela. .	58,62	22,75	9,50	2,64	3,5	3,02
Blé dur d'Afrique. . . .	65,07	19,50	7,60	2,12	3,0	2,71
Blé dur de Tangarok. . .	63,80	20,00	8,00	2,25	3,1	2,85
Blé demi-dur de Brie. .	70,05	15,25	7,00	1,95	3,0	2,75
Blé blanc Tuzelle. . . .	76,51	12,65	6,05	1,87	2,8	2,12
Seigle	67,65	12,50	11,90	2,25	3,1	2,60
Orge.	66,43	12,96	10,00	2,76	4,75	3,10
Avoine.	60,59	14,39	9,25	5,50	7,06	3,25
Maïs	67,55	12,50	4,00	8,80	5,90	1,25
Riz.	89,15	7,05	1,00	0,80	1,10	0,90

En examinant le précédent tableau, on reconnait que, parmi ces céréales, les *blés durs et demi-durs* (les plus généralement usités pour confectionner les farines de la boulangerie) sont les plus riches en substances azotées alimentaires; que le *maïs* et l'*avoine* sont les plus abondants en substances grasses ; que le *riz*, contenant les plus fortes proportions d'amidon, est le grain le plus pauvre en substances azotées, en matières grasses comme en sels minéraux. On pressent toutes les applications de ces faits comparés dans l'alimentation normale.

Toutes ces graines (fruits des céréales) ont été analysées sèches. Lorsqu'on les analyse à l'état normal, on trouve des proportions d'eau qui varient de 11 à 18 centièmes ; les blés en renferment généralement de 12 à 16 pour 100.

Les matières minérales dont il s'agit plus haut comprennent les *phosphates de chaux* et de magnésie, du sulfate de potasse et des traces de *chlorure de potassium* et de *sodium*, du *soufre* et de la silice.

(2) TADDEI, *Giornale di fisica, chimica e storia naturale de Brugnatelli*, t. XII, p. 360.

La farine de froment surtout contient des quantités notables de glutine; tandis que les farines de seigle, d'orge, de blé sarrasin, celles de lentilles, de pois, de haricots, etc., traitées par l'alcool bouillant, n'en donnent que des traces. Les raisins et beaucoup d'autres fruits paraissent également contenir ce principe azoté : c'est probablement à la faveur de l'acide tartrique qu'il se trouve en dissolution dans le jus de raisin.

La glutine se distingue des autres substances protéiques par sa solubilité dans l'alcool froid; elle jouit d'ailleurs de toutes les propriétés chimiques communes à ses congénères.

On sait que le gluten possède, à un haut degré, la propriété d'agir à la manière d'un ferment, et, comme tel, de faire subir une métamorphose remarquable à la matière amylacée : en effet, vient-on à l'ajouter à de l'empois d'amidon délayé dans l'eau et à exposer ce mélange, pendant quelques heures, à une température de 60 à 70 degrés, il perd sa consistance, se fluidifie et finalement devient transparent, limpide, et entièrement sucré ; la matière amylacée se trouve alors convertie soit en dextrine, soit en glycose. En même temps que se produit cette métamorphose, il est donc remarquable que les matières albuminoïdes (glutine, fibrine et caséine végétales), qui constituent le gluten, deviennent solubles. Du reste, cette transformation du gluten en un ferment soluble s'opère tout naturellement et de la manière la plus complète dans la germination des graines de céréales.

Nous aurons plus d'une fois occasion de revenir, par la suite, sur ces curieux phénomènes qui ont leurs analogues dans l'économie animale elle-même.

F. *Légumine et amandine.* — La légumine et l'amandine sont des substances protéiques qu'on ne rencontre que dans les végétaux.

Elles ont la même composition et presque les mêmes propriétés. On distingue l'une de l'autre à ce que leurs dissolutions aqueuses sont précipitées par l'acide acétique, dont un excès ne redissout que la légumine. Au reste, ces deux substances sont également insolubles dans l'alcool et l'éther ; leurs dissolutions aqueuses sont coagulées par la chaleur et précipitées par les acides ; le précipité est soluble dans les alcalis. A certains caractères de leurs dissolutions aqueuses, on pourrait les confondre avec l'albumine; mais l'acide phosphorique ne précipite pas cette dernière substance, tandis qu'il précipite les deux autres.

L'amandine, matière azotée fort répandue dans les végétaux, fait partie de l'amande des rosacées spécialement : elle joue, à coup sûr, un rôle considérable dans la nutrition de quelques animaux. A propos de l'albumine végétale, j'ai déjà signalé plus haut la facilité avec laquelle l'amandine s'altère, et la propriété qu'elle possède alors d'agir comme ferment et de déterminer la métamorphose de l'amygdaline.

Quant à la légumine, sa présence a été plus particulièrement signalée dans les pois, les haricots, les lentilles, les amandes douces, etc. Déjà nous nous sommes occupé de son analogie avec la caséine, et nous avons vu qu'aucune propriété ne permet de distinguer nettement l'une de l'autre. Rappelons seulement que, lorsqu'on abandonne une solution concentrée de légumine avec quelques gouttes de *présure*, elle se coagule entièrement dans l'espace de vingt-quatre heures, et se précipite sous l'aspect d'une masse gommeuse. Ajoutons encore que la légumine, ayant éprouvé un commencement de putréfaction, fait fermenter le sucre avec vivacité, à la manière des autres substances albuminoïdes altérées.

2° Matières grasses.

Si les matières albuminoïdes, précédemment étudiées, sont plus spécialement en rapport avec la rénovation des tissus, et si, renfermant de l'azote, elles sont seules transformables en sang et en chair, les *matières grasses*, considérées comme aliments, ont une mission physiologique bien différente : elles contribuent, plus que toute autre substance, à produire et à conserver la chaleur animale.

Très abondamment répandues dans le règne organique, végétal ou animal, les matières grasses paraissent identiques dans les deux cas. Ce sont des corps liquides ou solides, onctueux au toucher, tachant le papier et le rendant translucide, solubles dans l'alcool et l'éther, insolubles dans l'eau, inflammables à une température élevée sans donner ni ammoniaque ni aucun autre produit azoté, enfin susceptibles de se *saponifier*, c'est-à-dire pouvant, sous l'influence des alcalis, se décomposer en un corps neutre et en un acide qui reste combiné avec l'alcali.

Dans les plantes, les matières grasses se rencontrent surtout dans les semences, par exemple celles du colza, du lin, du chanvre, du pavot, du maïs, du ricin (1), de la navette, du pin, du sapin, du palmier, du muscadier, de l'amandier, du noyer, etc. Leur proportion dans les graines est souvent très considérable; ainsi la graine de lin renferme environ 20 pour 100 d'huile, la graine de navette jusqu'à 35 et 40 pour 100, le chènevis 25, la graine de pavot de 47 à 50, etc. Certaines racines tuberculeuses sont exceptionnellement assez riches en substances grasses : le souchet comestible (*cyperus esculentus*), qui servait jadis de nourriture aux habitants du Delta, en Égypte, en contient 28 pour 100. On en trouve aussi, mais assez rarement, dans la partie charnue des fruits, comme ceux de l'olivier, du laurier, du cornouiller, etc.

La présence des matières grasses, *principalement* dans les graines, est un fait digne d'attention si on le rapproche de certains phénomènes qui apparaissent lors de la germination, tels que le dégagement de calorique et l'exhalation d'acide carbonique formé aux dépens de l'oxygène de l'atmosphère. On est ainsi amené à croire que, dans les cellules de la jeune plante, comme au sein de l'organisme animal, les principes gras cèdent alors à un même travail de transformation et se brûlent autour des embryons végétaux comme dans les tissus de l'économie animale.

Quant aux matières grasses qui existent chez les animaux, on les trouve, pour ainsi dire, dans toutes les parties de leur organisme, avec des variations de quantité et d'aspect relatives au régime, aux habitudes, au sexe, aux classes zoologiques, etc. Tantôt elles se logent dans de petites vésicules particulières formant le *tissu adipeux*, tantôt elles sont à l'état de gouttelettes tenues en suspension dans un sérum, comme dans le lait, et aussi le chyle surtout après l'ingestion d'une nourriture riche en principes gras; il en est de même du sang, lors de la période digestive, au moins pendant tout le temps que les matières grasses absorbées sont versées dans le torrent circulatoire par le canal thoracique; car, un peu plus tard, le sang contient bien plus de principes gras saponifiés et dissous que de graisse libre.

Je signalais tout à l'heure la graine comme la partie végétale en général la plus riche en substances grasses. Ici se présente un rapprochement digne d'intérêt :

(1) Les Chinois dépouillent l'huile de ricin de son principe âcre et irritant, en la faisant bouillir avec du sulfate d'alumine et du sucre, et l'emploient comme huile alimentaire.

l'utile concours de ces substances dans l'alimentation ne ressort-il pas plus évident encore quand on considère en quelles fortes proportions elles se trouvent accumulées dans les œufs, pour subvenir aux premiers besoins du jeune animal en voie de développement? On trouve dans la substance supposée sèche de l'œuf de poule jusqu'à 33 parties de matière grasse pour 100 de son poids (PAYEN).

Suivant l'état que les corps gras naturels affectent dans les circonstances ordinaires, on leur donne des noms particuliers qui, du reste, se rapportent à la division empirique des anciens : ainsi, on appelle *graisses* proprement dites, et dans certains cas, *beurre*, ceux qui sont mous, onctueux et très fusibles; *huiles*, ceux qui sont fluides à la température ordinaire, comme cela se voit habituellement dans les plantes et aussi dans quelques animaux (poissons, etc.); *suifs*, les corps gras d'origine animale (provenant plus spécialement des herbivores) qui offrent une certaine consistance et ne fondent que vers 40 degrés centigrades; *cires*, les corps gras très durs, cassants et fusibles seulement à 66 degrés (1).

Sous le rapport de la composition élémentaire, nous allons voir les corps gras différer essentiellement des matières amylacées et sucrées, autres aliments respiratoires qui, à leur tour, devront bientôt nous occuper.

Notons d'abord que la valeur alimentaire de tous ces principes non azotés, d'après le rôle qu'ils remplissent dans la nutrition, doit nécessairement dépendre de leur élément combustible. Or, la constitution des principes amyloïdes et sucrés se représente assez exactement par du carbone et de l'eau, de sorte que le carbone est le seul élément combustible qu'il y ait à considérer dans leur action : il est d'ailleurs permis de prendre ici pour la proportion de cet élément le nombre moyen 42, de manière à avoir leur composition généralement exprimée comme il suit : carbone, 42; eau, 58 pour 100. Mais il n'en est plus ainsi des matières grasses : d'abord elles sont beaucoup plus riches en carbone et de plus une partie de leur hydrogène s'y trouve en excès par rapport à l'oxygène nécessaire pour former de l'eau; deux conditions sur lesquelles nous aurons à insister plus tard, et qui donnent aux matières grasses un pouvoir calorifique bien supérieur à celui dont jouit le sucre ou l'amidon. Ainsi, pour la composition élémentaire des matières grasses, quelle que soit leur origine, on a : carbone, 79; hydrogène, 11; oxygène, 10 + H 1,25 = eau 11,25. Il reste donc 9,75 d'hydrogène libre, c'est-à-dire d'hydrogène pouvant brûler en s'unissant à l'oxygène introduit dans l'organisme par la respiration.

Ce n'est point encore le lieu d'exposer les conséquences de ces faits, ni leurs curieuses applications.

C'est aux mémorables travaux de Chevreul (2), qu'on doit de savoir : 1° que les matières grasses (huiles fixes, beurre, graisses, suifs) sont formées, à part un très petit

(1) Plus loin sera mentionné le principal caractère qui sert à différencier les *cires* des corps gras proprement dits.

(2) *Recherches chimiques sur les corps gras d'origine animale.* Paris, 1823, 1 vol. in-8. — *Considérations générales sur l'analyse organique et sur ses applications.* Paris, 1824, 1 vol. in-8.

Dès l'année 1813, plusieurs parties de ces ouvrages avaient été communiquées à l'Académie des sciences; d'autres furent successivement publiées, sous forme de Mémoires, pendant les années suivantes.

nombre d'exceptions, par un mélange de *principes immédiats*, signalés par lui sous les noms de *stéarine*, de *margarine*, d'*oléine*, de *butyrine*, de *caprine*, de *caproïne*, de *phocénine* etc. ; 2° que ces principes immédiats se dédoublent, sous l'influence des alcalis, en acides gras particuliers et en *glycérine*, substance sucrée qui joue le rôle de l'alcool, sans en avoir les propriétés chimiques fondamentales. C'est ainsi que la stéarine et la margarine, auxquelles les graisses du mouton et du bœuf doivent leur solidité, se convertissent en glycérine et en deux acides gras qui sont l'*acide stéarique* pour la stéarine et l'*acide margarique* pour la margarine; que l'oléine, à laquelle certaines matières grasses doivent leur caractère huileux, se transforme en glycérine et en *acide oléique*, etc. (1).

Avant Chevreul, la théorie de la *saponification* (opération qui consiste dans le précédent dédoublement) (2) était entièrement inconnue.

Nous verrons, par la suite, que de pareils faits, s'ils sont des plus intéressants pour le chimiste, peuvent aussi avoir des applications utiles dans les études spéciales au physiologiste.

Du reste, sous le rapport du dédoublement dont il s'agit, on peut diviser les corps gras naturels en deux classes : l'une comprenant ceux dont la saponification est facile ; l'autre, ceux qui ne se laissent saponifier que difficilement. Une pareille division est justifiée par cette circonstance que tous les corps gras de la première classe (huiles, beurre, graisses, suifs) produisent, en se saponifiant, de la *glycérine*, tandis que ceux de la seconde (cétine et cires) engendrent, par la saponification, des corps congénérés de l'alcool, l'*éthal* et la *mélissine.*

Quant à la glycérine, qui se présente sous la forme d'un sirop incolore ou légèrement jaunâtre, il importe de savoir que, sous l'influence des ferments et d'une température de + 25 à + 30 degrés, elle se transforme facilement en acide acétique, et que, soumise à l'action oxydante de certains composés, elle se convertit en acide formique, ou bien encore en acides oxalique et carbonique; tous acides qui peuvent, comme on le sait, se retrouver dans l'économie animale. Rappelons aussi qu'un des produits de la décomposition ignée de la glycérine est l'*acroléine*, espèce d'aldéhyde, douée d'une odeur pénétrante et caractéristique ; odeur qu'il faut savoir reconnaître et qui se manifeste toutes les fois qu'un corps gras, appartenant à la première classe, se décompose par l'action de la chaleur (3).

(1) Voici les noms donnés à quelques principes immédiats neutres des corps gras et aux acides qui en dérivent :

Oléine	Acide oléique.	Phocénine	Acide phocénique.
Margarine	— margarique.	Myristine.	— myristique.
Stéarine	— stéarique.	Elaïdine	— élaïdique.
Butyrine.	— butyrique.	Palmitine	— palmitique.
Caprine	— caprique.	Anamirtine.	— anamirtique.
Caproïne.	— caproïnique.	Palmine	— palmique.
Hircine	— hircique.	Etc., etc.	— etc., etc.

Nota. Il est d'ailleurs essentiel de ne pas oublier que, quelle que soit la variété des acides gras qui résultent de la saponification, les matières grasses primitives sont toutes liées les unes aux autres par la production de la glycérine.

En définitive, tous ces principes immédiats sont formés d'oxygène, d'hydrogène et de carbone, dans des proportions telles qu'une portion de leurs éléments représente un acide gras fixe ou volatil, tandis que l'autre portion, *plus de l'eau*, représente la glycérine.

(2) La *saponification* des matières grasses naturelles, c'est-à-dire leur transformation en glycérine et en acides gras, peut s'effectuer soit par les alcalis, soit par les acides énergiques, soit même par l'action seule de la chaleur.

(3) Dans ces derniers temps, on est parvenu non-seulement à reproduire la plupart des corps

L'eau pure ne saurait dissoudre les matières grasses, elle ne les mouille même pas. Au contraire, les liquides organiques, qui ont quelque analogie de composition avec elles, qui contiennent aussi une notable proportion de carbone et d'hydrogène, les dissolvent très bien : tels sont l'alcool absolu, l'esprit de bois, surtout l'éther et les essences. Mais les meilleurs dissolvants des corps gras solides sont les corps gras liquides : telle est l'*oléine* ou principe liquide de l'huile d'olive, par rapport à la *margarine* qui en est le principe solide ; dans ce mélange de deux corps gras, l'un sert de dissolvant à l'autre. Les matières grasses sont solubles, en petite quantité, dans certaines dissolutions salines, comme celles de phosphate de soude et de potasse, de glykocholate et de taurocholate de soude. Aussi trouve-t-on de la cholestérine, de la séroline et quelques acides gras, dissous en faible quantité dans le sang, la bile, etc.

On sait qu'une seule goutte de la solution d'une base alcaline (telle que la potasse, la soude ou l'ammoniaque), suffit pour communiquer à une quantité d'eau, relativement considérable, la propriété de diviser les graisses à l'infini, c'est-à-dire de les *émulsionner*.

Nous aurons à étudier, par la suite, les divers liquides digestifs ou autres qui possèdent cette propriété, et aussi à déterminer si l'état d'émulsion des graisses est ou non nécessaire à leur digestion et à leur absorption.

Les matières grasses naturelles sont ordinairement neutres au papier de tournesol : dès qu'elles s'altèrent, à l'air libre, elles tendent à prendre une réaction acide. Cette altération est due à leur oxydation qui semble facilitée singulièrement, soit par la présence de corps poreux, soit par celle de matières albuminoïdes. Dumas rapporte qu'un peintre venait de frotter un tableau avec une bourre de coton imprégnée d'huile siccative ; en jetant la bourre, elle prit feu. On ne saurait expliquer l'inflammation spontanée des tas de matières organiques imprégnées d'huile, qu'en l'attribuant à l'élévation de température que doit avoir occasionnée l'absorption rapide de l'oxygène. On sait que l'huile d'olive, avant d'avoir été purifiée, renferme une certaine quantité de matières muqueuses et colorantes ; or, ces dernières, étant quelque peu azotées, jouent vis-à-vis de l'huile le rôle de ferment et en hâtent beaucoup l'altération.

Du reste, quand les matières grasses ne sont pas encore trop profondément altérées, il est facile de leur rendre leurs qualités primitives : c'est ainsi qu'en saturant, par un peu de bicarbonate alcalin, les produits acides qui se sont formés, on enlève au beurre rance toute odeur et toute saveur désagréables.

Les graisses naturelles fondent entre 38 et 60 degrés centigrades, et ne diffèrent plus alors des huiles par leur aspect ; réciproquement celles-ci se figent par le refroidissement en une substance solide et grenue qui offre toute l'apparence de la graisse. Si le point de fusion des graisses est très variable, celui de solidification de l'huile peut aussi se déplacer, dans la même plante, de 10 à 15 degrés. On récolte, en Algérie, de l'huile d'olive liquide encore à — 11 degrés.

A propos de la composition élémentaire des matières grasses comparée à celle des matières amyloïdes et sucrées, nous avons rappelé, plus haut, combien, en vertu

gras neutres, en unissant directement la glycérine aux divers acides gras, mais encore à préparer un grand nombre de corps gras nouveaux, en combinant la glycérine avec différents acides minéraux et organiques. (BERTHELOT.)

même de cette composition, le pouvoir calorifique des premières devait l'emporter sur celui des secondes. Aussi, s'explique-t-on tout d'abord pourquoi, dans leur alimentation, l'on voit les peuples des régions polaires faire usage d'aussi grandes quantités de graisse (huile de poisson surtout) : elles sont nécessaires à l'activité de la combustion respiratoire qui doit entretenir la chaleur du corps dans ces climats glacés. On comprend encore que, chez les habitants de ces contrées, vu l'énorme quantité de matières grasses absorbées en nature, ces matières ne soient pas entièrement brûlées par la respiration et qu'une partie s'en dépose dans l'organisme, sous forme de tissu adipeux; aussi, la plupart de ceux qui suivent un pareil régime sont-ils remarquables par leur embonpoint.

Mais, il devient moins aisé de comprendre comment, sans le concours de principes gras, ou du moins avec des proportions tout à fait insuffisantes de ces principes, des animaux peuvent augmenter de poids et *engraisser* d'une manière notable.

Ce n'est point encore le moment d'aborder cette question si intéressante, et en même temps si complexe, de l'*engraissement*, qui devra être examinée dans tous ses détails dans le chapitre consacré à la *Nutrition*. Toutefois, nous croyons devoir, dès maintenant, faire entrevoir au lecteur que, si pour former des substances organiques azotées il faut nécessairement le concours de pareilles substances, au contraire, dans la formation des principes gras, la préexistence de ces corps n'est pas une condition rigoureuse du phénomène. En effet, sans nier que les matières grasses des aliments soient l'origine principale et la plus ordinaire de la graisse des animaux, on doit admettre aujourd'hui, d'après les expériences les moins contestables, que le corps d'animaux mis en expérience et convenablement pesés, a pu fournir une quantité de graisse de beaucoup supérieure à celle que contenaient les aliments ingérés. Il faut donc en conclure que l'organisme animal possède la faculté de créer des corps gras, ou plutôt de transformer en matières grasses soit les hydrates de carbone (fécule et ses congénères), soit les substances albuminoïdes; tout en confessant qu'on ne saurait ni dire positivement d'après quelle réaction cette transformation s'opère, ni préciser son véritable siége, ni affirmer surtout que l'économie use de son pouvoir de produire de la graisse, alors même que les aliments ingérés en renferment une quantité suffisante.

Quant à la possibilité de voir la graisse s'engendrer dans l'organisme par la métamorphose des matières féculentes, ou plutôt de la glycose qui en est le produit digéré, elle est généralement admise et fondée sur des expériences exactes (1) dont l'analyse ne saurait encore nous occuper en cet instant.

Mais la question de savoir si les substances albuminoïdes peuvent aussi donner naissance à des matières grasses, quand les aliments respiratoires font complétement défaut dans l'alimentation, n'est pas encore aussi complétement résolue. Si une pareille transformation paraît douteuse à Lehmann (2), au contraire Boussingault (3) regarde comme incontestable « qu'un régime suffisant azoté, *bien que dépourvu de matières grasses*, engraisse néanmoins les animaux qui le consomment »... et, aux yeux du même expérimentateur, « tous les faits recueillis sur l'engraissement

(1) LIEBIG, *Ann. der Chemie und Pharm.*, 1842, t. XLI, p. 273, et t. XLVIII, p. 126, année 1843. — PERSOZ, *Note sur la formation de la graisse dans les oies* (*Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences de Paris*, 1845, t. XXI, p. 20). — BOUSSINGAULT, *Économie rurale*, t. II, p. 604 et suiv., 2e édit., Paris, 1851.

(2) LEHMANN, *Précis de chimie physiologique*, p. 311, trad. franç., Paris, 1856.

(3) BOUSSINGAULT, *ouv. cit.*, t. II, p. 616 et 617.

des animaux paraissent s'accorder pour assigner aux substances alimentaires azotées (ou albuminoïdes) la faculté de développer la graisse. »

Tout en réservant, pour plus tard, la discussion et les détails sur ce dernier point, nous rappellerons, en terminant, la facilité avec laquelle les matières azotées ou albuminoïdes des aliments, sous l'influence des alcalis et de la chaleur, ou par suite d'une altération spontanée, donnent naissance à des acides gras, tels que l'acide butyrique et l'acide valérianique ou valérique (1) ; nous rappellerons encore que, dans les muscles restés longtemps paralysés et inactifs, le tissu musculaire tend à se convertir et en effet se convertit souvent en tissu adipeux ; enfin, nous ajouterons que, d'après quelques expériences sur les œufs de la limnée des étangs, la transformation de l'albumine en graisse paraît un fait établi (2).

3° Matières amylacées et sucrées.

Ces principes alimentaires, à cause de leur composition, sont encore appelés *hydrates de carbone* ou *aliments hydro-carbonés*. Ils ont en effet ceci de commun que leur constitution se représente assez exactement par du carbone et de l'eau.

Comme les matières grasses qui viennent d'être étudiées, les hydrates de carbone sont des aliments *respiratoires*, c'est-à-dire susceptibles aussi, en concourant au développement de la chaleur animale, de s'exhaler à l'état d'acide carbonique et de vapeur d'eau. Seulement, nous savons déjà que le pouvoir calorifique des premières, qui fournissent deux éléments combustibles (carbone et hydrogène), l'emporte sur celui des seconds qui n'en offrent qu'un seul à considérer dans leur action.

On ne connaît pas avec certitude la série des transformations qu'éprouvent les aliments hydro-carbonés pour se métamorphoser définitivement en eau et en acide carbonique ; mais on sait que tous, afin de remplir leur rôle spécial dans la nutrition des animaux, subissent une première transformation uniforme et se convertissent en *glycose*, produit dont l'étude sera pour nous d'un vif intérêt (3).

Quant à l'importante question de savoir si des matières grasses peuvent s'engendrer dans l'organisme par la métamorphose des aliments hydro-carbonés (hydrates de carbone), ou plutôt de la glycose qui en est le produit digéré, nous l'avons seulement effleurée plus haut, la réservant pour le chapitre consacré à la *nutrition*.

La composition élémentaire des matières amylacées et sucrées explique leur combustion facile quand on les chauffe au contact de l'air. La chaleur les décompose en un charbon volumineux qui demeure fixe, et en plusieurs produits, dont les uns sont gazeux, les autres liquides et colorés en brun. Chacun connaît l'odeur forte, bien distincte de celle des substances protéiques, qui accompagne cette distillation dont les produits ont une réaction acide due surtout à l'acide acétique qui, du reste, dans sa composition, se représente aussi par de l'eau et du charbon.

En parlant des matières protéiques ou albuminoïdes, nous avons dit que leur altérabilité constitue un caractère qui les distingue de la plupart des autres principes organiques et qui les rend particulièrement aptes à agir comme des *ferments* au contact de certains composés. C'est ainsi que la *levûre de bière* et la *diastase*,

(1) WURTZ, *Sur la transformation de la fibrine en acide butyrique* (*Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences de Paris*, 1844, t. XVIII, p. 704).

(2) LEHMANN, *Précis de chimie physiologique*, trad. franç., p. 312, Paris, 1855.

(3) Il n'est pas encore ici question des matières gommeuses.

par exemple (qui ne sont que des albuminoïdes dans un état particulier de décomposition), agissent, soit sur le sucre, soit sur l'amidon. Aussi, ces aliments hydrocarbonés ne se conservent-ils longtemps au contact de l'air et jusqu'à un certain point de l'humidité qu'à la condition de n'être point en présence de matières albuminoïdes. Chacun ne sait-il pas que l'amidon, simple principe immédiat, se conserve, tandis que les farines, produit complexe, s'altèrent?

La présence des acides concourt aussi activement à provoquer des modifications plus ou moins profondes dans les substances qui nous occupent. L'acide sulfurique, entre autres, employé suivant des règles particulières variables avec chaque principe hydro-carboné, les convertit tous en une même substance qui n'est autre que la *glycose*. Or, nous venons de le dire, cette transformation est précisément celle qui a lieu dans les phénomènes de la digestion. Sous quelque forme, en effet, que les matières féculentes et sucrées aient été introduites dans l'organisme, c'est constamment à l'état de glycose que les voies digestives les livrent à l'absorption. Quant à l'acide azotique, s'il peut brûler complétement ces mêmes matières et les convertir en acide carbonique, il peut aussi, son action étant moins profonde, s'arrêter à un terme d'oxydation moins avancé qui est représenté par l'*acide oxalique*. Nous verrons les gommes et le sucre de lait, après avoir subi cette même action, donner en plus un autre acide qu'on désigne sous le nom d'*acide mucique*.

A. *Matière amylacée.*

Essentielle à la nutrition des plantes qui en renferment à profusion dans presque tous leurs organes, la matière amylacée joue aussi un rôle des plus importants dans l'alimentation de l'homme et de beaucoup d'animaux.

On l'extrait plus particulièrement des fruits des céréales (froment, seigle, orge, avoine, maïs, riz), des graines, des légumineuses (fèves, pois, haricots, lentilles), des tubercules de la pomme de terre (1), du manioc, des bulbes d'orchis, des rhizomes du *Maranta arundinacea*, des tiges de palmiers, des racines tuberculeuses d'ignames et de patates, des fruits du châtaignier.

La matière amylacée que l'on tire des graines des légumineuses, des graines des céréales, notamment du blé, s'appelle *amidon;* celle qui provient des diverses racines tuberculeuses, et spécialement de la pomme de terre, se désigne plutôt sous le nom de *fécule*. L'une et l'autre offrent d'ailleurs l'identité la plus complète dans leur composition et leurs réactions chimiques.

Dans aucun des précédents produits naturels, le principe amylacé ne se trouve à l'état d'isolement absolu ; il y est associé à des matières grasses, à des substances azotées et à des sels qui ont chacun une mission particulière à remplir dans l'alimentation. Aussi, au point de vue du pouvoir nutritif, importe-t-il de savoir que les quantités proportionnelles de ces diverses substances sont extrêmement variables, suivant la plante qui les a fournies; ce qu'il est déjà facile de reconnaître en jetant un coup d'œil sur le tableau inséré à la page 45, tableau qui indique la composition des principales graminées alimentaires.

Mais l'art étant intervenu pour *isoler* la matière amylacée, celle-ci, une fois qu'elle a été obtenue par les procédés ordinaires et soumise à des lavages convenables, est considérée par le plus grand nombre des chimistes comme un *seul* et même principe immédiat, ne différant suivant les plantes qui l'ont produit que

(1) La *Patraque jaune* est la variété qui rend le plus de fécule et qu'on emploie de préférence dans les féculeries.

par des quantités extrêmement minimes de substances odorantes. Cependant, au dire d'auteurs dont les observations sont encore récentes, cette opinion ne saurait être admise comme exacte (1) : chaque grain de fécule serait un véritable organe, une partie vivante qui, au contraire, outre le principe amylacé, renfermerait encore une matière azotée analogue à l'albumine ou à la gélatine.

Avant d'aller plus loin, sachons d'abord quelle est la *structure* de la fécule, qui n'est bien connue que depuis un petit nombre d'années.

Quand on examine au microscope, avec un faible grossissement, de la fécule provenant d'origines différentes, on constate d'abord qu'elle s'offre toujours sous l'apparence de petits grains dont la forme et les dimensions sont très variables dans les divers végétaux, mais pourtant assez constantes dans une même espèce pour qu'un œil exercé reconnaisse à laquelle chaque grain doit appartenir : c'est ainsi, pour choisir les exemples les plus connus, qu'il est facile de distinguer entre eux des grains de fécule provenant de la pomme de terre, du blé ou du maïs.

Les grains amylacés offrent généralement une sorte de transparence qui autrefois les avait fait considérer comme des vésicules remplies d'un liquide particulier ; mais il est bien démontré aujourd'hui, surtout depuis les travaux de Fritzsche (2) et de Payen (3), que chaque grain est un corps solide composé de couches concentriques emboîtées. La forme des grains de fécule est, en général, celle d'un sphéroïde ou d'un ellipsoïde irréguliers, souvent comprimés en lentille, ou bien encore celle d'un polyèdre, corps sur lesquels on voit se dessiner plusieurs cercles concentriques autour d'un point qu'on a nommé le *hile* du grain, et qui est l'extrémité d'une sorte d'axe un peu plus mou que le reste, autour duquel s'emboîtent les unes dans les autres des couches successives, d'autant plus épaisses qu'elles se rapprochent davantage de l'extrémité opposée, et probablement d'autant plus anciennes qu'elles sont plus extérieures.

L'analyse microscopique a été poussée plus loin encore : on a voulu connaître la constitution même de ces différentes couches. Biot (4), s'étant servi d'un microscope éclairé avec la lumière polarisée, aurait constaté que chacune de ces couches membraneuses est formée par la réunion de granules extrêmement petits qui, dit-il, sont au grain d'amidon ce que les cellules d'un fruit sont au fruit entier. Or, ce sont ces granules qui, d'après Jacquelain (5), se trouveraient réunis les uns aux autres, sous forme membraneuse, par une matière azotée qui, suivant lui, est analogue à l'albumine, et selon Blondlot (6), à la gélatine. Le premier de ces observateurs prétend même être parvenu à déterminer, au moyen de l'analyse quantitative, la proportion de cette matière azotée : les *grains* de fécule entiers

(1) JACQUELAIN, dans *Annales de chimie et de physique*, t. LXXIII, p. 167. — BLONDLOT, *Recherches sur la digestion des matières amylacées*, in-8, p. 6 et suiv. Nancy, 1853.

(2) *Ann. de Poggendorff*, t. XXII, p. 291.

(3) *Annales des sciences naturelles*, 1839, t. X, 2e série.

(4) *Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, t. XVIII, p. 795.

(5) *Mém. cit.* — JACQUELAIN dit être arrivé à cette désagrégation des couches en *granules*, en soumettant, pendant deux heures, de la fécule avec cinq fois son poids d'eau, à la température de 150 degrés centigrades, dans la marmite de Papin, puis en filtrant le liquide ainsi obtenu. BLONDLOT (*Mém. cit.*, p. 11) affirme avoir répété lui-même un grand nombre de fois cette curieuse expérience, et avoir aussi constaté la division des grains de fécule en granules extrêmement petits. D'après cet observateur, les granules élémentaires dont il s'agit offrent toujours la même forme et la même grosseur absolue (0mm,002 de diamètre) quelle que soit la fécule employée ; de sorte que le grain de la fécule du *Chenopodium chinoa*, dont le volume est le même que celui de ces *granules*, pourrait être considéré comme l'unité dont les autres *grains* féculents seraient, en quelque sorte, des multiples.

(6) *Loc. cit.*

lui auraient fourni une quantité d'azote qui correspondrait à environ 2 parties du principe en question pour 100 de fécule, tandis que les *granules* ne lui auraient fourni que 1 1/2 pour 100.

Quoi qu'il en soit de la plupart de ces assertions et de ces faits, qui assurément auraient besoin d'un nouveau contrôle, toujours est-il que Blondlot s'est appuyé sur eux pour émettre une nouvelle théorie d'après laquelle le suc gastrique ne réduirait la matière amylacée en *granules* qu'après avoir altéré l'espèce d'enduit azoté qui réunissait ces derniers alors devenus suffisamment ténus ($0^{mm},002$) pour être livrés en nature, comme les matières grasses, à l'absorption.

Ce n'est le moment ni de développer cette théorie, ni d'en examiner la valeur: nous n'avons cru devoir la mentionner, en passant, que comme une application de notre précédente étude sur la constitution du grain amylacé.

La matière amylacée ne se dissout point dans l'eau; mais quand, après en avoir délayé dans douze ou quinze fois son poids d'eau, on élève lentement la température, on obtient, en approchant de l'ébullition, l'exfoliation et le gonflement de tous les grains qui occupent le volume entier du liquide : celui-ci se trouve ainsi transformé en une sorte de pâte gélatineuse connue sous le nom d'*empois*. En ajoutant à l'eau un ou deux centièmes de potasse ou de soude caustique, on obtient le même effet *à froid*. Quand au contraire, la matière amylacée se trouve dans cent fois son poids d'eau que l'on chauffe graduellement jusqu'à l'ébullition, elle paraît s'y dissoudre; mais si l'on expose ensuite la liqueur à une température inférieure à 0 degrés, l'eau se gèle, la matière amylacée reprend une certaine agrégation et se sépare du liquide sous forme de petites pellicules. Ajoutons que les radicelles d'un bulbe de jacinthe, plongées dans cette prétendue dissolution, ne laissent pas passer la moindre trace d'amidon à travers leurs spongioles.

L'insolubilité de l'amidon dans l'eau étant reconnue, il faut nécessairement, pour que ce principe devienne assimilable au sein de l'organisme animal ou végétal, qu'il éprouve un changement qui le rende soluble. Ainsi, par exemple, quand un grain ou fruit de céréales se met à germer, que ce soit du froment, du seigle, de l'orge, etc., tout l'amidon contenu dans ce grain est bientôt transformé, sous l'influence d'une substance particulière (la *diastase*) (1), en matière soluble, la *dextrine* d'abord, puis la *glycose*, toutes deux faciles à absorber par le végétal rudimentaire. De même, quand l'amidon est introduit dans les voies digestives des animaux, bientôt intervient l'action de certains principes contenus dans des fluides spéciaux, tels que la salive, le suc pancréatique, etc., qui eux aussi ont la propriété de convertir *finalement* l'amidon en glycose soluble; produit ne différant de l'amidon que par la fixation d'une certaine quantité d'oxygène et d'hydrogène dans les proportions de l'eau.

(1) *Diastase* vient de διάστασις qui veut dire *séparation*.

On donne ce nom à une matière azotée spéciale qui a le pouvoir de transformer des quantités considérables de fécule en dextrine, et même en glycose lorsque son action se prolonge suffisamment. Cette matière, qui apparaît au moment de la germination et probablement aux dépens des substances albuminoïdes contenues dans la graine, se développe dans les semences germées d'orge, d'avoine, de blé, etc., près des germes eux-mêmes et non dans les radicelles. Or, la place qu'elle y occupe révèle déjà son rôle qui est de représenter une espèce de crible propre à désagréger l'amidon des graines et ne devant lui livrer passage qu'à la condition de l'avoir changé en une substance *soluble* isomérique (*dextrine*), susceptible de contribuer, sous cette forme, à la nutrition de la nouvelle plante et au développement de ses organes rudimentaires.

Plus tard nous reviendrons, avec détails, sur la *diastase* dont la constitution chimique, nous pouvons le dire à l'avance, est aussi mystérieuse que son action.

Du reste, nous croyons devoir rappeler qu'une transformation analogue peut aussi s'effectuer en dehors de l'organisme et de diverses manières : nous avons déjà noté l'influence des acides étendus pour la produire ; elle a encore lieu par le simple concours de la chaleur, en exposant de l'amidon sec à une température de + 200 degrés, ou bien par l'action réunie de la chaleur et de l'eau, en chauffant pendant plusieurs heures, au-dessus de + 170 degrés, un mélange d'eau et de fécule introduit dans un tube qu'on ferme hermétiquement. Ce mélange devient presque transparent et perd la propriété de bleuir par l'iode (1). C'est que la matière amylacée n'existe plus ; sans rien perdre, sans rien gagner, elle s'est transformée en un nouveau corps dont la composition est la même que la sienne et dont pourtant les propriétés sont différentes : ce nouveau corps, nous l'avons dit, est la dextrine, susceptible elle-même, quand les précédentes influences (acides, diastase, etc.) se prolongent, de passer à l'état de *sucre d'amidon* ou glycose.

La *dextrine*, qui est soluble en toute proportion dans l'eau froide et dans l'eau chaude, représente donc le premier changement de l'amidon, une phase transitoire de sa métamorphose en sucre ; aussi l'histoire chimique de la dextrine, du moins en ce qui nous intéresse, doit-elle nécessairement être très courte. Son nom lui vient de ce que sa dissolution, essayée au saccharimètre, fait tourner vers la droite le plan de polarisation des rayons polarisés. Bien d'autres substances assurément ont la même propriété, mais la dextrine se distingue par l'énergie de son pouvoir rotatoire.

La dextrine nous sert de transition toute naturelle à l'étude que nous devons faire des *matières sucrées* au point de vue physiologique.

Toutefois, avant de commencer cette étude, il nous faut mentionner quelques corps amyloïdes qui présentent, en effet, plus ou moins d'analogie avec le principe amylacé proprement dit, tels sont :

1° L'*inuline*. Contenue dans plusieurs racines, entre autres celles de l'aunée, du dalhia, du topinambour, du colchique, etc., elle paraît être une modification de la matière amylacée normale. Si, d'une part, elle a la même composition que l'amidon, et, comme lui, si elle peut, sous l'influence de l'eau et de la chaleur réunies, des acides, etc., se transformer en une matière sucrée, et aussi par l'acide nitrique donner de l'acide oxalique sans acide mucique ; d'autre part, elle diffère de l'amidon proprement dit en ce qu'elle est très soluble dans l'eau bouillante, qu'elle jaunit par l'iode au lieu de bleuir, qu'elle n'offre pas d'état intermédiaire correspondant à celui de la dextrine avant de se convertir en sucre, et enfin en ce que sa dissolution et celle de son sucre possèdent un pouvoir rotatoire vers *la gauche*.

2° La *lichénine*. Elle provient de plusieurs espèces de mousses et de lichen, et, d'après Mulder, elle est isomère avec l'amidon dont elle ne diffère que par sa solubilité dans l'eau.

3° La *cellulose*. La plupart des chimistes appellent ainsi la substance qui forme la partie fondamentale de la paroi des cellules végétales débarrassées de tout ce qui leur est étranger (matières incrustantes). Cette substance est identique non-seulement dans toutes les parties d'une même plante, mais encore dans tous les végétaux. Du

(1) On sait que la teinture d'iode est le réactif le plus sensible pour reconnaître des traces de matière amylacée. Les dissolutions alcalines font disparaître la belle couleur bleue de l'amidon iodé, en s'emparant de l'iode ; l'addition d'un acide fait aussitôt reparaître cette couleur. Quant à la *dextrine*, au lieu d'une teinte bleue, elle en prend une rouge-fauve, lorsqu'on la traite par le même réactif.

reste, la cellulose n'est pas exclusivement propre à l'économie végétale : d'après Schmidt (1), Löwig et Kölliker (2), le manteau de la *Phallusia mamillaris*, l'enveloppe des ascidies simples, le manteau coriacé des cynthies, le tube extérieur des salpes, sont aussi formés d'une substance dont la composition, la texture et les propriétés sont identiques avec celles de la cellulose végétale. Cette dernière présente elle-même la composition élémentaire de l'amidon, et, si les acides étendus sont sans action sur la cellulose fortement agrégée, les acides sulfurique et phosphorique concentrés la transforment en matière amylacée normale, puis en dextrine, enfin en glycose. Au contraire, avec la cellulose plus tendre et de formation récente, cette transformation est bien autrement facile ; aussi ce principe immédiat ne paraît-il pas étranger à la nutrition de plusieurs classes d'animaux.

4° Les *gommes*. Elles exsudent surtout de certains arbres sous forme de sucs épais, translucides, durcissant à l'air, plus ou moins insolubles dans l'eau, insolubles dans l'alcool, et généralement doués d'une saveur fade et douceâtre. Toutes ont la même composition élémentaire que la matière amylacée, et si elles s'y rattachent par des propriétés générales que nous avons déjà signalées, elles en diffèrent aussi par plusieurs propriétés chimiques. Ainsi, la matière amylacée et la dextrine, ou produit gommeux artificiel, donnent par l'acide azotique de l'acide oxalique, tandis que, dans les mêmes circonstances, les gommes donnent à la fois de l'acide oxalique et un acide particulier, l'*acide mucique* (3). A l'aide d'une ébullition prolongée, l'acide sulfurique affaibli les convertit en une substance très analogue à la dextrine ; et, en prolongeant encore davantage l'action, il se forme de la glycose comme avec l'amidon. Mais il convient d'ajouter que cette conversion des gommes en sucre ne se fait qu'avec une extrême difficulté.

Aussi ne s'étonnera-t-on pas d'apprendre qu'il résulte d'expériences dues à d'habiles observateurs, que les gommes font partie du groupe des substances qui, n'étant ni fermentescibles, ni putrescibles, ni oxydables au contact de l'air, traversent les voies digestives sans éprouver la moindre action de la part des réactifs de l'économie, et que la *mannite* (4) pure est dans le même cas. Il est vrai pourtant que, dans les contrées d'Afrique où les gommes abondent (et on les trouve dans la plupart des végétaux), les indigènes les emploient comme nourriture. Mais il importe de rappeler que ces gommes, qui consistent toutes en produits naturels, ne sont jamais des corps purs, qu'ils sont au contraire des mélanges, en proportions variables, de substances végétales très diverses. Très souvent, par exemple, la gomme adragante bleuit par l'iode, ce qui dénote la présence d'un principe amylacé ; car autrement les gommes pures ne donnent jamais une pareille réaction, etc.

5° Les *mucilages*. Autour de certaines graines telles que la graine de lin et les pepins de coings, de quelques feuilles, tiges et racines de végétaux comme la bourrache, la guimauve, la mauve, etc., on voit les mucilages se développer sous l'apparence d'une masse visqueuse et filante qui communique à l'eau une consistance

(1) *Ann. der Chem. und Pharm.*, t. LIV, p. 284.

(2) *Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, t. XXII, p. 38.

(3) Le *sucre de lait* et l'*acide pectique* se comportent à cet égard exactement comme les gommes. La formation de l'acide mucique, facile à constater parce que cet acide est insoluble dans l'eau froide, n'en est pas moins un caractère très net par lequel les gommes se distinguent des matières amylacées.

(4) Autre principe immédiat à saveur sucrée, qu'on trouve surtout dans la manne qui en renferme 60 pour 100, et dans les champignons, le céleri, les oignons, les asperges, les algues, certaines espèces de frênes, etc. Il n'est pas susceptible de fermenter comme le sucre véritable, et il s'en distingue encore en ce qu'il n'exerce aucun pouvoir rotatoire sur la lumière polarisée.

sirupeuse. Versé dans ce liquide, l'alcool y produit un précipité gélatineux dont la nature n'a pas encore été bien déterminée. Toutefois, on sait que le mucilage végétal a la même composition élémentaire que la matière amylacée et les gommes; qu'il peut aussi, comme ces dernières, produire de l'acide mucique. Dans tous les cas, les mucilages sont inséparables de principes salins dans lesquels domine le phosphate de chaux (aliment minéral).

6° La *pectose*. Elle existe dans la trame celluleuse des fruits verts et dans beaucoup de racines telles que les carottes, les navets, etc., où elle se trouve intimement mêlée avec la cellulose qui compose les cellules. Analogue à l'amidon par son insolubilité dans l'eau, elle a pour propriété caractéristique de se transformer facilement, sous l'influence simultanée des acides et de la chaleur, en un corps soluble qui est la *pectine*, absolument comme nous avons vu l'amidon, dans les mêmes circonstances, se convertir en dextrine soluble. Mais il importe aussi de savoir que, pendant la maturation du fruit, la pectose peut également se transformer en pectine sous l'influence des acides naturels du fruit, comme pendant la germination de la graine on voit l'amidon se métamorphoser en dextrine sous l'influence de la diastase.

La pectine se trouve donc toute formée dans les fruits qui sont à l'état de maturité complète; aussi sont-ils bien autrement faciles à digérer que les fruits verts qui renferment seulement encore de la pectose insoluble. Ajoutons que partout où il y a de la pectose se trouvent aussi des acides et de la *pectase*, c'est-à-dire une de ces substances mystérieuses qu'on appelle *ferments*. Les premiers, nous l'avons vu, agissent pour former la pectine, le second pour transformer la pectine en acide pectosique ou gelée végétale (1).

La dissolution de pectine, bien différente de celle de dextrine, n'exerce pas d'action sur la lumière polarisée.

B. *Matière sucrée.*

Si la matière amylacée (amidon ou fécule) est le principe alimentaire le plus répandu dans le règne végétal et dans la nourriture des herbivores, on peut dire que la *matière sucrée*, par sa présence dans les fruits, dans les sucs de tant de végétaux et dans certaines sécrétions animales (lait, etc.), représente aussi un autre produit alimentaire déjà fort abondant, par lui-même, dans les deux règnes organiques. Mais, aux yeux du physiologiste qui connaît la métamorphose que doit subir l'amidon, au sein de l'organisme, pour devenir absorbable, la matière sucrée acquiert encore une bien autre importance comme principe nutritif *abondant* et utile à l'accomplissement de certaines fonctions. En effet, comme on l'a déjà vu précédemment, l'amidon étant insoluble et incapable à cet état de franchir les voies de l'absorption, ne devient soluble, capable d'être absorbé, qu'en se convertissant lui-même en une matière sucrée spéciale (glycose); de sorte qu'on peut dire que tous les aliments végétaux contiennent du sucre ou bien en produisent dans l'économie animale, car il n'est pas une seule plante où l'on ne rencontre soit de l'amidon, soit une ou plusieurs matières sucrées. La précédente métamorphose s'observe d'ailleurs aussi bien dans le tube digestif des animaux que dans le végétal en voie de développement (2).

(1) Pour plus de détails voir le travail de Fremy, dans les *Annales de chimie et de physique*, 3ᵉ série, t. XXIV, p. 5.

(2) Quand du blé, de l'orge, une pomme de terre, etc., viennent à germer, leur amidon se change bientôt en *sucre d'amidon* ou *glycose* qui disparait en produisant (comme chez l'animal) de la

Aussi, en ce qui regarde les animaux, l'amidon et le sucre paraissent-ils destinés à jouer le même rôle, c'est-à-dire à se brûler pour développer la chaleur qui accompagne le phénomène de la respiration : de là, nous l'avons dit, le nom d'*aliments respiratoires* qu'on leur a donné et qui, du reste, se trouve justifié par leur usage et par leur constitution chimique.

Notons, en passant, pour y revenir quand il y aura lieu (1), la faculté si remarquable que ces mêmes principes, à composition ternaire, ont de se transformer en *graisse* sous l'influence vitale, en perdant une partie de leur oxygène, chez des sujets d'ailleurs bien nourris.

Autrefois on comprenait, sous le nom de *sucres*, un grand nombre de substances organiques fort hétérogènes. Mais, aujourd'hui, on ne reconnaît plus comme tels que les corps qui, à une saveur plus ou moins sucrée, joignent les propriétés suivantes : 1° d'avoir une composition chimique qui peut toujours se représenter par de l'eau et du charbon ; 2° de se décomposer, sous l'influence de la chaleur, en donnant naissance à des produits bruns qui répandent une odeur de caramel ; 3° de se convertir en alcool et en acide carbonique sous l'influence de certaines matières organiques azotées qu'on nomme *ferments* ; 4° d'être solubles dans l'eau et dans l'alcool plus ou moins affaibli ; 5° de s'oxyder avec une grande facilité, en fournissant, lorsqu'on les traite par l'acide azotique, de l'acide oxalique et même de l'acide carbonique ; 6° enfin, de n'être précipitables, ni par l'acétate, ni par le sous-acétate de plomb.

Pour le chimiste, il existe diverses espèces de matières sucrées, distinctes par l'intensité de leur saveur et par plusieurs de leurs propriétés ; ce sont : la *glycose*, le *sucre de canne* ou de betterave, le *sucre liquide* ou de fruit, et la *lactose* ou sucre de lait. Pour le physiologiste, au point de vue de la nutrition, il n'y en a qu'une seule espèce, dont l'étude résume, pour ainsi dire, celle de toutes les autres : en effet, que le sucre provienne de la digestion des substances féculentes, comme plus haut, ou bien qu'il provienne de la lactose, du sucre de canne, ou du sucre de fruit, constamment il se présente à l'absorption sous une seule et même forme, sous forme de glycose. Aussi, dans notre examen physiologique des matières sucrées, cette espèce, fondamentale pour nous, fixera-t-elle d'abord notre attention.

Sous le nom de *glycose* (2) on a désigné plusieurs matières sucrées qui se ressemblent par leur composition chimique, mais qui souvent diffèrent par leur constitution moléculaire, à en juger par l'essai de leurs dissolutions au polarimètre. Toutefois, en mettant de côté cette circonstance qui n'a aucun caractère

chaleur, de l'acide carbonique et de l'eau. En effet, dès qu'il s'agit de faire germer un embryon, de développer un bourgeon, de féconder une fleur, on voit la plante, qui absorbait la chaleur solaire, qui décomposait l'acide carbonique et l'eau, changer tout à coup d'allure, c'est-à-dire brûler du carbone et de l'hydrogène, produire de la chaleur, en un mot s'approprier les principaux caractères de l'animalité ; et c'est évidemment le sucre ou l'amidon préalablement converti en sucre qui paraît être ici la matière avec laquelle les plantes développent, au besoin, la chaleur nécessaire à l'accomplissement de quelques-uns de leurs actes fonctionnels. (Voir, pour plus de détails, l'*Essai de statique chimique des êtres organisés*, par DUMAS et BOUSSINGAULT, in-8°, Paris, 1841.)

(1) Voir le chapitre relatif à la *Nutrition*.

(2) De γλυκὺς, doux.

Synonymie : Sucre de raisin, sucre d'amidon ou de fécule, sucre en grains, sucre mamelonné, sucre de diabète.

chimique, on s'accorde à considérer comme étant un seul et même corps, la substance sucrée cristallisable que l'on extrait du miel, du raisin (1), et celle dans laquelle se transforment la cellulose, la dextrine, la lactose, le sucre de canne et le sucre liquide, par suite de l'action des acides ou autrement (2).

Les grains qu'on observe à la surface des raisins secs, l'enduit farineux dont sont recouverts les pruneaux, les figues et d'autres fruits mûrs, les granulations cristallines qui se forment spontanément dans les confitures anciennes, ne sont autres que de la glycose provenant de la transformation de cette autre espèce de sucre qu'on nomme *sucre liquide* ou de fruit. C'est avec ce dernier que la glycose est contenue dans le miel. Elle se trouve encore dans le sang, la lymphe, le chyle durant la période digestive, et d'une manière constante, dans le blanc et le jaune de l'œuf, où ses proportions paraissent augmenter pendant l'incubation, etc. Enfin, au point de vue physiologique, rappelons-nous que, finalement, tous les aliments amylacés doivent aussi nous représenter de la glycose.

Sa saveur sucrée est beaucoup moins intense que celle du sucre ordinaire, et il faut de la glycose deux fois et demie autant que de sucre de canne, pour sucrer au même degré le même volume d'eau. Ses dissolutions, essayées au polarimètre, dévient le plan de polarisation des rayons lumineux vers la droite. Quant à sa cristallisation, elle s'opère difficilement sous la forme de mamelons semi-globulaires ou de choux-fleurs fibreux et indéterminables.

Il importe au physiologiste de savoir que, sous l'influence des ferments, la glycose peut subir tantôt des décompositions, et tantôt des transformations qui varient suivant la nature de ces produits, transformations dont quelques-unes s'observent dans l'économie animale elle-même.

Ainsi, la levûre de bière, telle qu'elle se sépare du moût de bière, possède au

(1) De l'urine des diabétiques.

(2) Au point de vue de l'analyse élémentaire, le sucre qu'on extrait du parenchyme du foie, lors de la digestion, paraît être identique avec la *glycose ;* il en offre aussi la fermentation facile et directe au contact des ferments ; mais il en diffère en ce que, dans le système vasculaire des animaux, il se décompose, dit-on, beaucoup plus facilement que la glycose fabriquée artificiellement.

Sucre de gélatine ou glycocolle. — Gerhardt a constaté que si l'on fait bouillir, pendant quelques heures, la gélatine animale avec de l'acide sulfurique étendu, il se produit une grande quantité de sulfate d'ammoniaque, en même temps qu'une matière sucrée qui, dit-il, « *est probablement aussi de la glycose ;* du moins elle se décompose, au contact de la levûre de bière, en alcool et en acide carbonique. J'ai pu, ajoute-t-il, par la fermentation de cette matière sucrée, recueillir assez d'alcool pour l'enflammer. » GERHARDT, *Traité de chimie organique*, t. II, p. 541, Paris, 1854.

Sucre de viande, inose ou inosite (*). — Cette substance hydro-carbonée, qui présente une saveur très franchement sucrée, et qui cristallise à la manière de la cholestérine, a été découverte par SCHEERER (1850, *Ann. der Chem. und Pharm.*, t. LXXIII, p. 322) dans les eaux mères provenant du traitement de la chair musculaire pour l'extraction de la créatine. Desséchée à + 100 degrés, elle a la même composition que la glycose anhydre et le sucre de lait. Quelques essais incomplets, faits par Scheerer, semblent indiquer que l'inosite n'éprouve pas la fermentation alcoolique, mais qu'elle donne, au contact des ferments, de l'acide butyrique et de l'acide lactique, acides que, dans certaines conditions, donnent aussi la glycose et le sucre de lait. L'inosite n'est pas colorée par la potasse et ne réduit pas l'oxyde de cuivre. BOUCHARDAT (*Du diabète sucré*, dans *Mém. de l'Ac. de méd. de Paris*, t. XVI, p. 9, 1851) admet que l'inosite est modifiée en traversant l'appareil digestif et le foie, de manière à produire de la glycose qu'on retrouve alors dans l'urine des diabétiques, exclusivement nourris de viande.

Sorbine. — Cette espèce de sucre a été récemment découverte par PELOUZE (*Annales de chimie et de physique*, 3e série, t. XXXV, p. 222, 1852) dans les fruits du sorbier. Par sa composition élémentaire et par sa saveur, elle est aussi analogue à la glycose ; mais elle en diffère par ses formes cristallines et surtout par sa résistance à la fermentation dans des circonstances où la glycose serait transformée facilement en alcool et en acide carbonique.

(*) De ἴς, ἰνός, fibre ou muscle.

plus haut degré la propriété de décomposer la glycose en alcool et en acide carbonique. Il paraît qu'une condition essentielle, pour qu'un ferment détermine cette décomposition, c'est qu'il soit acide aux papiers colorés; il est d'ailleurs constaté que les acides organiques fixes, renfermés dans les sucs végétaux, favorisent cette fermentation alcoolique (1). Mais, lorsque les ferments, au lieu d'être acides, offrent, par l'effet d'une altération quelconque, une réaction alcaline, ils transforment, le plus souvent, la glycose en acide *lactique*, sans qu'il se développe aucun gaz. Cette métamorphose ne s'arrête généralement pas à la formation de l'acide lactique ; mais celui-ci se décompose à son tour sous l'influence du ferment, avec dégagement de gaz hydrogène, en donnant alors de l'acide *acétique* et de l'acide *butyrique* (2).

Or on sait, et plus tard nous insisterons sur ce point, que l'intestin grêle est le siége ordinaire de pareilles transformations chez les animaux qu'on nourrit principalement avec des matières amylacées ou sucrées. La fermentation prolongée du sucre (glycose), au contact des matières azotées, donne, en effet, ici naissance d'abord à de l'acide lactique et à de l'acide acétique, puis à de l'acide butyrique, avec dégagement d'hydrogène et d'acide carbonique, gaz qui se rencontrent parmi les produits gazeux de l'intestin.

La glycose qui, parmi les sucres végétaux, est celui qui se rapproche le plus du *sucre de lait* par sa composition élémentaire, se comporte donc entièrement comme lui, quant à sa transformation en acides lactique et butyrique.

Nul doute que la glycose ne doive être très assimilable, à en juger d'abord par ce fait que toutes les autres espèces de sucre et les féculents se convertissent, dans l'économie, en glycose, mais surtout par la facilité avec laquelle on la voit disparaître, quand, en se plaçant dans les conditions voulues, on en injecte une solution dans les veines d'un animal. En effet, on sait qu'elle est rapidement brûlée dans le sang et transformée en eau et en acide carbonique, prenant ainsi une part importante à la respiration et à la calorification. Mais, comme elle ne subit pas ordinairement une combustion aussi entière, là n'est pas son unique rôle dans l'économie où elle peut offrir quelques autres réactions utiles. C'est ainsi, nous venons de le dire, qu'elle peut se transformer en partie en acides. Or, l'acide lactique, par exemple, qui se forme aux dépens de la glycose, le long de l'intestin grêle, ne concourt-il pas, en maintenant l'acidité des milieux, à favoriser la continuation des métamorphoses des aliments albuminoïdes, en même temps que, par ses propriétés dissolvantes, il peut faciliter l'absorption du contenu de l'intestin? Est-il besoin de rappeler encore que, si la proportion de glycose est plus que suffisante pour les besoins de la respiration (d'ailleurs les aliments plastiques ne faisant pas défaut),

(1) Nous croyons devoir rappeler ici que la fermentation alcoolique est encore, en physiologie, le moyen par excellence pour *démontrer* la présence de la glycose dans les liquides animaux qui en contiennent. Il faut, en effet, savoir que, si la glycose a la propriété de décolorer la solution de bitartrate de cuivre et de potasse ou la liqueur bleue de FROMMHERZ, en précipitant de l'oxydule rouge de cuivre, il est bien d'autres substances organiques qui possèdent cette même propriété ; tels sont : la mannite, l'aldéhyde, l'acide urique, la sorbine et la lactose, d'ailleurs l'une et l'autre *très peu* fermentescibles, l'acide parapectique, l'acide métapectique, etc., etc.

La dissolution de potasse caustique s'emploie aussi pour reconnaître la présence de la glycose ; en chauffant le mélange, la solution devient d'un brun rougeâtre d'autant plus foncé que la proportion de matière sucrée est plus forte. Ce produit rougeâtre contient de l'ulmine, de l'acide formique, de l'acide glycique, et de l'acide mélassique (MIALHE), substances que, par des métamorphoses ultérieures, on suppose se convertir en eau, acide carbonique et produits ulmiques bruns ou noirs.

(2) GERHARDT, *Traité de chimie organique*, t. II, p. 545. Paris, 1854.

une partie peut se métamorphoser en graisse et contribuer à la formation des dépôts adipeux de l'organisme? Disons aussi que la glycose paraît être un bon dissolvant du carbonate et du phosphate de chaux et que, sans doute, c'est par son intermédiaire que le fœtus de l'oiseau emprunte à la coque de l'œuf la chaux dont il s'enrichit sans cesse (1).

Quant à rechercher les conditions intimes de l'organisme qui sont nécessaires à l'assimilation de la glycose ou à sa transformation ultime en eau et en acide carbonique, à savoir, par exemple, si, comme on l'a supposé, c'est par l'intervention des alcalis du sang que la glycose se décompose, s'oxyde, brûle, et devient un véritable aliment respiratoire, nous devons réserver ces questions et le développement de celles qui précèdent pour la partie de cet ouvrage qui traitera plus spécialement des phénomènes de nutrition.

Le *sucre liquide* ou de fruit (2) existe en dissolution dans beaucoup de sucs acides des végétaux, principalement dans les fruits, tels que les groseilles, les cerises, les prunes, les raisins, etc. ; il existe aussi dans le miel, associé à la glycose, dans la séve des érables et des bouleaux, avec le sucre ordinaire ou de canne.

Sa composition élémentaire est la même que celle du sucre de lait, et de la glycose en laquelle d'ailleurs il se transforme facilement, soit au sein de l'organisme, soit au simple contact prolongé de l'air. Nous avons déjà mentionné, comme autant d'exemples de cette dernière transformation, les petits grains blancs qui recouvrent les pruneaux, les raisins secs, les figues ou d'autres fruits mûrs, et aussi les petites granulations cristallines qui apparaissent spontanément dans les confitures anciennes.

Le sucre de fruit qui, comme la glycose, réduit la liqueur bleue de Frommherz, s'en différencie par son état liquide, son extrême solubilité dans l'alcool, son action sur la lumière polarisée qu'il dévie à gauche, et aussi par sa facilité bien plus grande à entrer en fermentation.

Dans l'action initiale des acides minéraux et organiques sur le sucre de canne qui offre une si facile interversion moléculaire, il se forme du sucre de fruit : en effet, le premier de ces sucres ne cristallise plus comme auparavant, par évaporation, et au lieu de dévier, comme d'abord, le plan de polarisation des rayons polarisés vers la droite, il le dévie vers la gauche. De là le nom de *sucre interverti* par les acides qu'on a donné à ce *sucre de fruit* artificiel (3).

Le sucre liquide ou de fruit, à cause de sa grande abondance, représente comme aliment, par rapport aux animaux frugivores, ce qu'est l'amidon relativement aux herbivores. L'un et l'autre, avant d'être utilisés par l'économie, commencent par se métamorphoser en glycose dans l'appareil digestif.

Le *sucre de lait* (lactose ou lactine) est un élément constant du lait de tous les mammifères; seulement le lait des carnivores en renferme des proportions moindres que celui des herbivores.

(1) LEHMANN, *Ouv. cit.*, p. 314.

(2) *Synonymie :* Sucre incristallisable, sucre des fruits acides, sucre interverti, chulariose, de Χυλὸς, suc.

(3) Tout porte à croire qu'en effet le sucre ordinaire passe alors à l'état de sucre de fruit, d'autant plus qu'en vieillissant, le *sucre interverti* se transforme, comme le sucre de fruit, en glycose cristallisée.

Suivant Dumas (1), ce principe immédiat disparaîtrait entièrement par suite d'un régime exclusivement animal, et le lait, réduit à ne plus renfermer que des matières albuminoïdes, grasses ou salines, se trouverait ramené à la constitution générale de la viande elle-même. Telle n'a pas été la conclusion d'autres expérimentateurs et de Bensch (2) en particulier : D'après lui, la lactine se modifie souvent pendant les manipulations, de manière à devenir incristallisable, et c'est cette circonstance qui a causé la précédente erreur. Pour Bensch la quantité de lactine diminue un peu dans ces circonstances, mais elle ne disparaît jamais (3).

Comme la glycose est la seule espèce de sucre que, jusqu'à présent, on soit parvenu à trouver dans le sang des animaux soumis au régime de la viande, il a pu paraître probable que le sucre de lait ne prend naissance que dans les glandes mammaires aux dépens de la glycose. Mais on ne saurait affirmer qu'il en est ainsi : les expériences, dirigées dans le but de constater l'absence absolue de la lactine dans les liquides de l'organisme, sont des plus délicates ; il est encore possible que, dans certains cas, elle ait été confondue avec la glycose, et c'est ainsi que Winckler annonce avoir extrait de la lactine en cristaux, du blanc d'œuf, où d'autres n'avaient vu que de la glycose. Du reste, cette dernière partage, en effet, certains caractères chimiques avec la lactine (entre autres la propriété de réduire les sels de cuivre) et, de plus, la lactine est susceptible de se transformer en glycose dans plusieurs circonstances. Cette transformation, qui s'obtient par l'action d'acides dilués, par celle des phosphates, d'après Bensch (4), a lieu aussi par l'action du caséum dans des conditions encore mal connues (5). La glycose, obtenue dans ce dernier cas, se convertit ensuite elle-même en acide carbonique et en alcool (6). On sait que les peuplades nomades de l'Asie préparent une boisson enivrante avec le lait de leurs juments ; et c'est évidemment sur la précédente métamorphose que se fonde une pareille préparation.

Quoi qu'il en soit de la véritable origine du sucre de lait, toujours est-il qu'il offre la même composition chimique que la glycose anhydre, et que leur fermentation prolongée au contact de matières azotées, en dehors ou au dedans de l'organisme animal, peut donner naissance aux mêmes acides, aux acides lactique et butyrique.

Pourtant, au milieu de toutes ces analogies, apparaît un caractère distinctif qui ne permet pas de confondre la lactine avec aucune autre espèce de sucre : l'acide azotique attaque la lactine et la décompose en divers produits, dont un des plus remarquables est l'acide mucique. Il n'y a que les gommes et l'acide pectique qui, dans les mêmes circonstances, donnent aussi de l'acide mucique.

Il sera question ailleurs du rôle du sucre de lait dans la nutrition des jeunes animaux.

(1) *Comptes rendus des séances de l'Acad. des sciences*, t. XXI, p. 707. — *Chimie physiologique et médicale*, p. 637 et suiv. In-8°, Paris, 1846.

(2) *Ann. der Chem. und Pharm.*, 1844, t. LI, p. 221.

(3) FOURCROY (*Syst. de chimie*, Paris, an IX, t. IX, p. 397 et 407) a reconnu l'existence du sucre de lait dans le lait des carnivores.

(4) *Loc. cit.* — Dans le lait, dit Bensch, les phosphates transforment peu à peu la lactine en glycose, d'où résulte qu'on rencontre quelquefois fort peu de la première.

(5) BOUCHARDAT (*Mém. de l'Acad. de méd.*, t. XVI, p. 82 et 83, Paris, 1851) a constaté expérimentalement que le sucre de lait se transforme en glycose, chez les diabétiques, et augmente la quantité de sucre de leur urine.

Nous avons dit déjà que la même transformation a toujours lieu, dans l'économie, à l'état normal.

(6) HESS, *Ann. de Poggend.*, t. XLI, p. 194.

Sucre de canne ou sucre ordinaire. D'après les détails physiologiques et chimiques qui viennent d'être exposés sur les matières sucrées en général, et principalement sur la glycose, nous pourrons être courts dans ce qui nous reste à dire de l'espèce de sucre dont il s'agit.

Ainsi nommé, d'après la plante où il est le plus abondant et où il a été le plus tôt connu, le sucre de canne existe non-seulement dans les tiges des *cannes*, mais encore dans celles du maïs, dans les racines de betteraves, de carottes, de navets, dans les melons, les patates douces, les noix de coco, les ananas, les châtaignes, la séve des palmiers, des érables, des bouleaux, et, en général, dans tous les végétaux dont le suc n'est pas acide ; car, comme on l'a vu plus haut, les acides réagissent sur le sucre de canne et le transforment en sucre incristallisable ou de fruit.

Pour la composition, il ne diffère de la glycose anhydre que par les éléments d'une molécule d'eau de moins, et il tient le milieu entre la dextrine et la glycose. Contrairement à celle-ci, il est remarquable par la résistance qu'il oppose à l'action des alcalis, et par son impuissance à réduire le bitartrate de cuivre et de potasse.

Sous l'influence des ferments, le sucre de canne peut se dédoubler en alcool et en acide carbonique ; mais avant de se dédoubler ainsi, il se transforme d'abord en *sucre interverti* (1), sucre liquide ou de fruit, modification isomère de la glycose. Toutes les fermentations qu'on attribue au sucre de canne reviennent donc, à proprement parler, au sucre liquide ou à la glycose, dont l'étude, nous venons de le voir, résume, pour le physiologiste, celle de toutes les autres matières sucrées.

En effet, si nous introduisons ces matières dans une foule d'aliments, principalement sous la forme de sucre de canne, pour compléter et améliorer leurs qualités digestives, ce n'est point sous cette forme qu'elles sont absorbées par l'organisme, mais bien sous celle de glycose.

En finissant, rappelons aussi, en laissant de côté leur rôle essentiel auquel il a déjà été fait allusion, que les matières sucrées ne jouissent pas seulement de la propriété de communiquer à beaucoup d'autres aliments leur saveur douce, mais qu'elles possèdent encore un pouvoir antiseptique qui, souvent, prolonge avec avantage la conservation des substances alimentaires.

Le *miel* est une substance sucrée que les abeilles préparent en introduisant dans leur estomac le suc visqueux et sucré des fleurs ou des feuilles de certaines plantes, et qu'elles emploient à nourrir leurs larves. Quelles que soient les modifications que les abeilles, elles-mêmes, puissent faire subir à ces sucs, toujours est-il que la nature des plantes, dont ils sont extraits, exerce une influence très-marquée sur la qualité et les propriétés du miel : les abeilles qui butinent sur les plantes aromatiques de la famille des labiées produisent des miels excellents, tandis qu'elles n'en donnent que de peu agréables, comme ceux de Bretagne, en s'adressant aux fleurs de bruyère et de sarrasin. Les plantes vénéneuses comme la jusquiame, l'aconit, l'*Azalea pontica*, etc., fournissent des miels qui peuvent causer des accidents d'empoisonnement à ceux qui en font usage.

Le miel est essentiellement un mélange de sucre semblable à la glycose et de

(1) Voir précédemment *Sucre de fruit.*

sucre incristallisable analogue à la mélasse, accompagné d'un principe aromatique particulier. Mais, dans la composition, d'ailleurs assez complexe et variable des miels, on a encore signalé la présence d'une petite quantité de sucre ordinaire ou de canne, de deux acides organiques, de la mannite, d'une matière colorante jaune, enfin de substances grasses (cire, etc.). Quant aux principes azotés, ils paraissent se rencontrer seulement dans les miels communs et impurs qui contiennent du pollen ou même du couvain, et pas dans ceux qui, désignés sous le nom de miels vierges, sont recueillis par un simple égouttage des rayons.

Le miel offre un aliment agréable, doué de propriétés plus ou moins laxatives, et duquel on peut se servir souvent avec avantage pour remplacer les autres matières sucrées.

IV. La vie, chez les êtres organisés, n'est possible qu'à la condition que les tissus soient continuellement pénétrés de liquides. Aussi, dans le corps de l'homme, par exemple, qui, sur 100 parties en contient environ 70 fluides et seulement 30 solides, les parties liquides, à mesure qu'elles sont expulsées par les différentes voies excrétoires, doivent-elles être incessamment renouvelées par les *boissons*. Les pertes que fait le sang de ses parties aqueuses se traduisent d'ailleurs, dans l'organisme, par une sensation impérieuse, la soif (p. 31), qui sollicite et assure le périodique retour de l'ingestion des liquides.

Mais les *boissons*, comme nous allons les envisager, ne sauraient avoir seulement pour but de fournir à l'économie l'eau qui la pénètre dans toute sa profondeur et dont elle a besoin pour se maintenir dans son état normal, organique et fonctionnel : les boissons, dont il s'agira ici plus spécialement, renferment des matériaux solides en suspension ou en dissolution, des sels, des substances azotées ou non azotées, et, par conséquent constituent de véritables aliments. Nous voulons parler des boissons les plus habituelles à l'homme, comme le vin, la bière, le cidre et autres liquides fermentés que Liebig appelle des *aliments respiratoires*, ou bien encore de certaines boissons aromatiques, dont l'usage est très répandu, comme le thé et le café qui, assez riches en principes azotés, peuvent figurer parmi les *aliments plastiques* du même auteur (1).

Quant *à l'eau* elle-même, on ne saurait oublier qu'elle ne se trouve pas dans la nature à l'état de pureté parfaite (protoxyde d'hydrogène) ; qu'au contraire l'eau pluviale, la plus pure des eaux douces naturelles, contient aussi une certaine proportion de matières étrangères (carbonates alcalins, sulfates, chlorures, etc.), matières minérales qui, avec beaucoup d'autres, entrent elles-mêmes dans la composition des parties solides et liquides de l'organisme (2).

Aussi l'eau, dont l'étude physiologique suivra celle des précédentes boissons,

(1) Plus loin il sera question du lait, boisson si importante pour l'homme et les mammifères, surtout dans le premier âge.

(2) En 1825, un chimiste éminent, BRANDES, a trouvé dans l'eau pluviale, convenablement recueillie, les matières suivantes : *chlorures de sodium et de magnésium* ; *carbonates de chaux, de potasse et de magnésie* ; *sulfates de magnésie et de chaux* ; *oxydes de fer et de manganèse* ; *traces de sels ammoniacaux* ; *matières végéto-animales*.

CHATIN (*Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, 1852, t. XXXV, et 1853, t. XXXVII, p. 723) prétend qu'à Paris les eaux pluviales contiennent plus d'iode et plus de matières organiques que l'eau de Seine.

On sait que les pluies d'orage renferment aussi de l'azotate d'ammoniaque et de l'acide azotique.

nous servira-t-elle de transition pour arriver aux *aliments minéraux*, tels que le chlorure de sodium ou sel marin, le phosphate de chaux, l'oxyde de fer, etc.

Le pouvoir calorifique d'un principe organique ternaire (corps gras, alcools, sucres, etc.) dépend de la quantité et de la nature des éléments combustibles que, sous un poids donné, ce principe introduit dans l'organisme. Précédemment, à propos de la composition élémentaire des matières grasses comparée à celle des matières amyloïdes et sucrées, nous rappelions que le pouvoir calorifique des premières était triple de celui des secondes. *L'alcool*, qui fait la base des boissons fermentées, possède, d'après sa composition, un pouvoir calorifique intermédiaire à ceux des principes immédiats ternaires contenus dans les deux groupes précédents. Du reste, l'alcool, sauf une proportion indéterminée qui s'échappe en vapeur par les voies aériennes, est détruit en totalité par l'oxygène dans le torrent circulatoire, il est définitivement amené à l'état minéral et exhalé sous la forme ultime d'acide carbonique et d'eau.

D'après la remarque de Liebig, il se passe des heures avant que l'amidon du pain, qui se dissout dans le tube digestif sous forme de glycose, passe dans le sang et y trouve de l'emploi. L'effet de la graisse est encore plus lent, mais aussi il persiste plus longtemps. De tous les aliments de respiration, l'alcool est celui qui agit avec le plus de promptitude, sinon avec le plus d'intensité : comme aliment de cette sorte, il occupe donc un rang distingué. Aussi son ingestion peut-elle compenser, jusqu'à un certain point, l'usage des matières amylacées et des matières grasses (1). L'homme qui vit exclusivement du produit de sa chasse, comme l'Indien du nord de l'Amérique, prend une nourriture renfermant un excès d'aliments plastiques et à laquelle il manque en grande partie les aliments de respiration indispensables (bien souvent, en effet, pendant la saison d'hiver, la chair des animaux tués à la chasse contient à peine de la graisse) ; de là, chez ces hommes carnivores, une propension particulière à l'eau-de-vie qui, pour ceux qui en sont privés, se remplace par l'usage de l'huile de poisson.

L'alcool qui, d'après les considérations précédentes, doit prendre rang parmi les substances alimentaires, est un des principaux composés auxquels la *fermentation du sucre* donne naissance ; jusqu'ici, on ne lui connaît pas d'autre origine, et le sucre demeure le vrai générateur de l'alcool.

En se reportant à la transformation si facile de la matière amylacée en sucre, transformation sur laquelle nous avons tant de fois insisté, on comprend donc bien qu'on puisse obtenir de l'alcool à l'aide du froment, du seigle, du maïs, de l'avoine, de la pomme de terre, des haricots, des pois, des lentilles, des fruits du chêne, du châtaignier, du marronnier d'Inde, etc. Ici l'alcool dérive toujours du sucre qui, à la vérité, n'existe pas tout formé dans ces produits, mais qui s'y développe

(1) LIEBIG fait observer que l'usage des alcooliques paraît incompatible avec celui des matières grasses : Les personnes habituées à l'usage du vin en perdent l'envie et le goût quand elles prennent de l'huile de foie de morue. Suivant cet auteur, les individus qui s'abstiennent de boissons fermentées mangent davantage en proportion d'aliments amylacés. « Depuis l'établissement des sociétés de tempérance, dit-il, on crut équitable, dans beaucoup de ménages anglais, de compenser en argent la bière que recevaient tous les jours les domestiques, et dont ils s'abstenaient une fois membres de ces sociétés. Mais on s'aperçut bientôt que la consommation du pain augmenta dans une proportion surprenante, de telle sorte qu'on payait deux fois la bière : une fois en argent et une autre fois en équivalent de pain. » (LIEBIG, *Nouvelles lettres sur la chimie*. Trad. de GERHARDT, p. 244 ; Paris, 1852.)

secondairement, par l'action d'un *ferment*, aux dépens de l'amidon qu'ils renferment.

Les fruits mûrs qui sont riches en principe sucré (les raisins par exemple), donnent aussi origine à une substance particulière, appelée *ferment* (1), qui, avec une certaine température et le contact de l'air, jouit de la propriété de décomposer le principe sucré.

Quant à celui-ci, il est certain qu'en se décomposant il se dédouble en acide carbonique et en alcool : le premier se dégage, le second reste et peut être isolé par la distillation. Puis, si l'on compare les qualités relatives de ces deux produits et si l'on fait la somme de leurs éléments, on verra que cette somme représente la composition de la matière sucrée qui aura disparu. En effet : 4 équivalents d'acide carbonique $= C^4 O^8$, et 2 équivalents d'alcool $= C^8 O^4 H^{12}$ qui donnent ensemble $C^{12} O^{12} H^{12}$ = un équivalent de glycose anhydre.

Quelle que soit la richesse alcoolique des liquides fermentés, l'alcool obtenu directement, à l'aide de la distillation simple, est toujours mêlé d'eau, et le plus concentré en renferme encore 10 à 15 centièmes.

Le produit des distilleries prend le nom d'*eau-de-vie*, lorsqu'il ne contient que 50 à 55 centièmes d'alcool ; s'il en contient davantage on le nomme esprit-de-vin. Suivant ses provenances, l'eau-de-vie se désigne sous des noms différents : ainsi on appelle *eau-de-vie de Cognac*, le produit de la distillation des vins du midi ; *tafia*, l'eau-de-vie tirée des mélasses brunes ; *rhum*, celle qui provient des sirops qui se forment dans le raffinage du sucre ; le riz et les fruits de l'areca catechu donnent le *rack* ; les cerises noires, le *kirsch-wasser* ; les céréales, l'*eau-de-vie de grain*, etc.

Parmi les liquides alcooliques obtenus par distillation, l'eau-de-vie est encore le plus sain de tous ; étendue convenablement d'eau, elle peut, dans certaines limites, remplacer le vin.

Jusqu'à un certain point, il a paru facile d'expliquer comment ces boissons alcooliques suppléent aussi à une partie des aliments : leur transformation, a-t-on dit, ou l'oxydation plus rapide qu'éprouve la partie alcoolique, retarde ou diminue les transformations des autres aliments.

Le *vin* est le liquide obtenu par la fermentation du sucre contenu dans le raisin. De l'eau, du tannin, des principes colorants, de la pectine et divers pectates, des substances grasses, des huiles essentielles, plusieurs sels et entre autres du bitartrate de potasse, de l'oxyde de fer et de la silice, des matières albuminoïdes pouvant remplir le rôle de *ferment*, de la *matière sucrée*, etc., entrent dans la composition du jus de raisin : c'en est assez pour nous expliquer pourquoi ce jus est susceptible de fermentation.

Du reste, suivant la constitution du sol, l'exposition, la culture, la température

(1) Le *ferment*, comme l'ont démontré des recherches modernes, est une espèce de végétal microscopique qui se développe spontanément dans les organes des plantes et dans un grand nombre de matières azotées en voie de putréfaction. Il se forme principalement quand on abandonne, à la température ordinaire, une dissolution de sucre mêlée à des substances albuminoïdes d'origine végétale ou animale. Ainsi le ferment, cet être organisé, cet être vivant, par cela seul qu'il est mis en contact avec du sucre dissous dans l'eau, se désorganise et périt, en déterminant la décomposition du sucre lui-même en acide carbonique et en alcool ; seulement il importe de savoir que ses éléments, pour s'organiser d'abord, réclament toujours l'intervention de l'oxygène.

de l'année de récolte, suivant aussi le degré de fermentation et conséquemment le procédé de fabrication, le produit présente d'infinies variétés.

La proportion d'alcool que les vins renferment influe surtout sur leur propriétés, car l'alcool en est le principe le plus actif. Cette proportion, qui le plus ordinairement est de 8 à 12 pour 100, peut s'élever, dans les vins d'Espagne et de Portugal, jusqu'à 25 pour 100.

Le tannin, principe tonique, très abondant dans les vins du Languedoc et du Roussillon, est en moindre quantité dans les vins de Bordeaux et en plus faible proportion encore dans ceux de Bourgogne qui, plus qu'eux, contiennent de l'acide libre (A. acétique, etc.) et des tartrates acides.

En mettant en bouteilles certains vins avant la fin de la fermentation, ou bien encore en les additionnant, lors de la mise en bouteilles, d'un sirop de sucre apte à prolonger la fermentation, on obtient des vins mousseux qui se différencient des autres par le gaz acide carbonique qu'ils retiennent, et aussi par des propriétés diurétibues plus marquées.

La *bière* est le résultat de la fermentation alcoolique des matières amylacées, préalablement saccharifiées, et rendues aromatiques par les fleurs de houblon. On fait ordinairement usage de l'orge qui, parmi les céréales, est une des moins coûteuses; d'ailleurs cette graine, en germant, développe facilement de la *diastase* qui est le principe saccharifiant par excellence. La matière première, qui forme la base de la fabrication de la bière, est donc le plus souvent l'orge germée ou *malt*. En Pologne, l'avoine remplace l'orge, ailleurs c'est le froment, le seigle, le maïs, etc.

De toutes ces boissons fermentées, la bière paraît être celle qui à des propriétés excitantes réunit, au plus haut degré, la faculté nutritive. Un litre de bonne bière de Strasbourg, d'après une analyse due à Payen et à Poinsot, contient 48 grammes et demi d'une matière solide, laquelle, vu sa richesse en azote, semblerait être, à poids égal, aussi nourrissante que la céréale elle-même. Mais, trop rarement, la bière présente sa composition normale et partant des qualités qui dépendent de cette composition.

Le meilleur *porter* de Londres contient, d'après Brandes, 6 1/3 pour 100 d'alcool anhydre, et le porter affaibli n'en renferme que 3,89; la petite bière 1,38.

De la dextrine et de la glycose, des principes amers et aromatiques, divers sels et oxydes (1), de l'acide carbonique, de l'acide lactique, de l'alcool, des substances azotées et de l'eau, tels sont les divers produits qui se rencontrent généralement dans les bières dites ordinaires, mais qui varient en proportions suivant le mode de fabrication, suivant les quantités de malt et de houblon employées.

Le *cidre*, ou le jus fermenté de la pomme, et le *poiré*, ou le jus fermenté de la poire, suppléent, avec la bière, l'usage du vin dans les contrées où le climat s'oppose à la culture de la vigne. Dans la composition des poires et des pommes entrent de l'eau, des huiles grasses et volatiles, de la chlorophylle, de la gomme, les acides malique, pectique, gallique, tannique, de la chaux, des malates alcalins, des substances albuminoïdes susceptibles de remplir le rôle de ferment, et des matières sucrées. Or, il importe de savoir, pour la fabrication du cidre et du poiré, que les

(1) Des phosphates de potasse, de magnésie et de chaux, des chlorures de sodium et de potassium; puis du sulfate de potasse, du carbonate de chaux, de la silice et de l'oxyde de fer provenant du *houblon* employé.

fruits qui servent à les préparer ne doivent être ni verts ni trop mûrs, mais qu'ils doivent être à leur vraie maturité, attendu que leurs analyses comparées à ces trois états différents prouvent que, dans les deux premiers, ils sont beaucoup moins riches en matière sucrée ou génératrice de l'alcool. Du reste, le cidre et le poiré surtout contiennent une proportion d'alcool généralement plus élevée que la bière. Brandes attribue au poiré 7, 26 d'alcool pour 100 : aussi le poiré, plus fort que le cidre, se conserve-t-il mieux.

Il est inutile d'ajouter que suivant la durée de la fermentation et la nature des fruits, suivant aussi qu'on leur ajoute ou non de l'eau, lors de la fabrication, les précédentes boissons présentent de notables différences.

Le *thé*, le *café* et le *chocolat* ont pour caractère commun de renfermer chacun, avec des matières albuminoïdes, un principe azoté spécial, et de pouvoir ainsi concourir d'une manière efficace, le dernier surtout, à la nourriture de l'homme. Ces trois principes azotés, ou alcaloïdes naturels, qui s'y trouvent à l'état de sels et d'ailleurs en petite quantité relativement aux autres substances azotées, sont la *théine*, la *caféine* et la *théobromine*. Leur composition élémentaire est presque la même (1).

C'est une chose digne de remarque qu'il n'est pas d'alcali organique dont la composition soit plus semblable à celle de la théine et de la caféine que la *créatine* contenue dans le système musculaire des animaux (2), et que la théine donne, par l'oxydation, des composés analogues à ceux que l'on obtient avec l'acide urique, dans les mêmes circonstances (ROCHLEDER).

D'après Péligot (3), les quantités d'azote contenues dans 100 parties de *thé* desséché à la température de 110 degrés sont les suivantes : Pekoe, 6,58 azote; thé perlé ou Poudre à canon, 6,62; Sou-chong, 6,15; Pekoe d'Assam, 5,10. Ces quantités d'azote font des feuilles de thé, consommées dans leur ensemble, un aliment plus riche en substance azotée que la plupart des autres produits végétaux. Aussi peut-on lire, dans *la correspondance de Jacquemont*, que les habitants du nord de la Chine jettent l'eau dans laquelle ils mettent infuser le thé et mangent ses feuilles comme aliment.

Il faut aussi noter que les infusions de thé renferment des oxydes de fer et de manganèse (4). Quelque faible que soit la quantité de fer journellement ingérée par le thé, elle n'en doit pas moins finir par exercer une certaine influence sur l'organisme. D'après Fleitmann (5), une infusion de 70 grammes de thé Pekoe contenait 0,104 gram. de sesquioxyde de fer et 0,20 gram. de protoxyde de manganèse.

Le thé se prépare par infusion à la dose de 20 grammes environ de thé pour un litre d'eau bouillante : des matières dextrinées et gommeuses, des substances azotées, une matière colorante, une huile essentielle, du tannin, des sels, etc., figurent dans ces infusions.

Les qualités du thé, ses effets sur l'économie, varient suivant les conditions de

(1) Caféine ou théine = $C^{16} H^{10} Az^{4} O^{4} + 2$ aq. ; théobromine = $C^{14} H^{8} Az^{4} O^{4}$.
(2) LIEBIG, nouvelles lettres sur la chimie, p. 249, Paris 1852.
(3) Mémoire publié dans la *Monographie du thé*, par Houssaye. Paris 1843.
(4) L'infusion de *café* est dans le même cas.
(5) Cité par Liebig, p. 251, de ses *Nouvelles lettres*, etc.

la récolte, le mode de préparation, suivant surtout les espèces. Ces effets diffèrent peu de ceux du café. Leur analogie tiendrait-elle à ce que la théine présente aussi la plus grande analogie chimique, sinon une identité complète, avec la caféine? Mais il n'est pas du tout démontré que l'influence excitante du thé et du café sur le système nerveux dépende exclusivement de ces alcaloïdes : le thé vert, qui est le plus stimulant, contient moins de théine que le thé noir (MULDER).

L'infusion de *café* est un véritable aliment (1) ; préparée avec 100 gram. de poudre de café pour un litre d'eau bouillante, elle contient en moyenne 20 gram. de substances alimentaires. Payen (2) a calculé qu'un litre de café au lait (parties égales de la précédente infusion et de lait) représente six fois plus de substance solide et trois fois plus de matière azotée que le bouillon. Suivant de Gasparin (3), ce serait à l'usage du café (30,59 gram. par jour) que les ouvriers mineurs de Charleroi devraient de pouvoir se contenter d'une alimentation qui ne représente que 14,82 gram. d'azote par jour, tandis que celle des prisonniers des maisons centrales en contient 16,56 et celle des Trappistes 15 grammes. « Il semblerait d'après ces observations, dit Payen (4), que le café a la propriété de rendre plus stables les éléments de notre organisme, en sorte que, s'il ne pouvait pas par lui-même nourrir davantage, il empêcherait de se *dénourrir*, ou diminuerait les déperditions. »

De plus, chacun sait que le café, tout en agissant plus ou moins énergiquement sur le cerveau, diffère néanmoins beaucoup, dans ses effets, des boissons fortement alcooliques ou des vapeurs narcotiques qui produisent l'ivresse et l'engourdissement intellectuel : au contraire, il excite l'intelligence, épanouit l'imagination du poète, et s'il semble emprunter aux premières leurs effets sensitifs les plus agréables, il est loin de reproduire leurs inconvénients. Pour les populations méridionales, il est presque un spécifique contre l'action débilitante des chaleurs.

La base du chocolat est l'*amande du fruit* du Cacaoyer (*cacao*), qui, après avoir subi la torréfaction, est réduite en poudre et mêlée avec une certaine quantité de sucre.

Le *cacao* renferme : une matière grasse (beurre de cacao), 44 à 53,10 pour 100; de la gomme, 6 à 7,75 ; de l'albumine, 17,50 à 20 ; une autre matière azotée spéciale, *théobromine*, 2 ; de l'amidon, en proportions variables jusqu'à 10,91 pour 100 ; un principe colorant ; de l'eau, 4,78 à 11 ; des substances minérales, 4 pour 100.

Nul doute qu'une pareille substance, qui nous offre dans sa composition plus de matière azotée que la farine de froment indigène, environ vingt fois plus de matières grasses, une assez notable proportion d'amidon et un arome naturel excitant l'appétit, ne jouisse à un haut degré de la propriété nutritive. Consommé à l'état solide ou bien cuit à l'eau et pris en boisson, le chocolat constitue un aliment

(1) Composition du café d'après les analyses les plus récentes :

Eau hygroscopique 12; matières grasses 10 à 13; dextrine, glycose, acide végétal indéterminé 15,5 ; cellulose 34 ; légumine, caféine, etc., 10 ; caféine libre 0,8 ; chloroginate de potasse et de caféine, de 3,5 à 5 ; organisme azoté 3 ; huile essentielle insoluble 0,001 ; essence aromatique soluble, à odeur suave, 0,002 ; substances minérales : potasse, magnésie, chaux, acides phosphorique, silicique, sulfurique, chlore 6,697 (*Annales de chimie et de physique*, t. XXVI, 3e série).

(2) Des *substances alimentaires*, p. 261, Paris 1853.

(3) Note sur le régime alimentaire des mineurs belges, dans *Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences de Paris*, 1850, t. XXX, p. 397.

(4) *Loc. cit.*

respiratoire par l'amidon, le sucre et les matières grasses qu'il contient, un aliment plastique par les substances azotées qui entrent dans sa composition immédiate.

Il est une boisson réputée nutritive, dont l'usage est général dans notre pays et très répandue dans la plupart des pays civilisés, c'est le *bouillon* de viande, et spécialement de viande de bœuf ou de mouton.

Pour savoir quels principes la viande abandonne à l'eau, par suite d'une cuisson prolongée, il importe d'abord de connaître sa composition immédiate. Aucune partie du corps ne présente un assemblage plus complexe que le tissu musculaire : outre les fibres qui en forment le principal élément (*fibrine des muscles*), on y rencontre du tissu adipeux, du tissu cellulaire, des parties tendineuses, des ramifications infinies de nerfs et de vaisseaux ténus que remplissent des liquides colorés ou incolores. Les substances capables de donner de la *gélatine*, à l'aide d'une ébullition prolongée, c'est-à-dire les parties tendineuses et le tissu cellulaire, y entrent dans la proportion de 2 à 6 pour 100; la graisse interstitielle varie généralement de 2 à 4 et les principes solubles varient aussi de 6 à 8 pour 100 (LEHMANN); enfin dans le jus de viande de bœuf, en particulier, on trouve près de 78 centièmes d'*eau*.

Quoique récemment exprimé, le suc musculaire offre une réaction acide qu'explique bien sa composition. En effet, il renferme de l'acide lactique, plusieurs acides gras volatils, notamment de l'acide formique et de l'acide acétique, de l'acide inosique (1); puis encore, comme principes organiques, de l'albumine, de l'hématosine, de la *créatine* et de la *créatinine* (2). Quant aux principes minéraux, les sels de potasse et les phosphates prédominent beaucoup, dans le jus de viande, sur les sels de soude et les chlorures, circonstance d'autant plus remarquable que le sang circulant dans les muscles est proportionnellement si riche en sel marin ou chlorure de sodium : c'est, en effet, particulièrement du chlorure de potassium qui se trouve dans le suc musculaire où figurent aussi des phosphates de soude, de potasse, de chaux et de magnésie. La viande contient, en outre, une petite quantité de soufre qui paraît nécessaire à la nutrition humaine complète, puisque toute la substance formant le corps d'un homme de stature moyenne renferme environ 100 grammes de soufre (3).

Parmi les divers principes organiques et salins qui viennent d'être mentionnés, il en est qui sont coagulables par la chaleur ou insolubles dans l'eau, et d'autres qui sont solubles et incoagulables. Quelques sels, l'albumine et la fibrine, c'est-à-dire les deux principales substances azotées de la viande, l'hématosine ou matière colorante du sang, sont au nombre des premiers, et conséquemment ne sauraient passer dans le bouillon. Dans les seconds, se rangent les chlorures alcalins, les phosphates alcalins, l'acide lactique, des matières organiques azotées comme la créatine, la créatinine, l'acide inosique ou l'inosate de potasse, et la gélatine qui, au fur et à mesure qu'elle se forme par la dissolution du tissu cellulaire et des parties tendineuses, reste incorporée au bouillon. Enfin, il faut noter les matières grasses

(1) Ou de l'*inosate de potasse*, au dire d'autres chimistes.

(2) LEHMANN (ouv. cit. p. 273) y admet la présence de la *caséine*. On n'y découvre pas de trace d'*urée* d'après le même auteur.

(3) PAYEN, ouv. cit. p. 14.

qui, restant à sa surface, empêchent l'arome de se dégager et de se perdre (1).

Cela posé, comment s'expliquer maintenant la vertu que l'on accorde généralement au bouillon, que le plus grand nombre appelle la *panacée des convalescents*, auquel d'autres refusent tout pouvoir nutritif et donnent le simple rôle de stimuler les nerfs du goût, d'activer la sécrétion de la salive et du suc gastrique, à cause de son parfum et de sa sapidité ?

L'albumine et la fibrine étant mises hors de cause, examinons rapidement, au point de vue dont il s'agit, les autres matières azotées que la viande a abandonnées à l'eau, c'est-à-dire la créatine, la créatinine, l'acide inosique et la gélatine.

La *créatine* (κρεάς chair), découverte en 1835 par Chevreul (2), en traitant avec de l'alcool l'extrait aqueux de viande desséché dans le vide, se rencontre dans les muscles volontaires des animaux des quatre classes de vertébrés (3) et aussi dans l'urine d'après Heintz (4) et Liebig (5). Insipide, inodore, cristallisable en prismes rectangulaires, la créatine est, comme on dit, une substance chimique indifférente, c'est-à-dire qu'elle ne joue ni le rôle d'acide ni celui de base. Elle se forme évidemment dans le tissu musculaire, puis est reprise par le sang (6), pour être expulsée avec les urines comme l'urée. Aussi répugne-t-il de considérer un pareil produit d'excrétion comme un des principes nutritifs du bouillon de viande.

La *créatinine*, principe cristallisable, que l'on peut préparer artificiellement au moyen de la créatine, s'en distingue par une réaction fortement alcaline; mais on la trouve aussi dans les muscles, comme alcaloïde résultant de la désassimilation de leurs principes organiques, dans le sang, et surtout, en plus grande abondance que la créatine, dans le liquide urinaire. Sa présence dans l'économie paraît due à une transformation de la créatine, et son caractère de substance excrémentielle est des plus manifestes.

Quant à l'*acide inosique* (7) qui existe dans les eaux mères qui ont laissé déposer la créatine, il prend l'aspect cristallin seulement quand il est précipité de sa dissolution aqueuse par l'alcool. Il est doué d'une odeur de bouillon fort agréable, et, chauffé à une température peu élevée, il se décompose en répandant une odeur de viande rôtie. Ce qu'on appelle *osmazôme* (8) doit très probablement son goût et son odeur caractéristique à la présence de l'acide inosique. Du reste, cet acide est trop peu connu pour qu'il soit permis de hasarder une opinion sur son origine et sur la nature de sa destination.

Reste donc la gélatine, dont le pouvoir nutritif a été formellement nié par divers physiologistes. Nul doute qu'ils aient eu raison en ce qui concerne la gélatine,

(1) D'après CHEVREUL (*Recherches sur la composition chimique du bouillon de viande*, dans *Journal de Pharmacie*, 1835, t. XXI, p. 231), les extraits aqueux des diverses viandes contiennent, dans un état plus ou moins latent, un principe qui distingue chacune de ces viandes et qui développe un arome spécial par la chaleur, lorsque, après avoir étendu ces extraits de treize fois leur poids d'eau, on porte le liquide à la température de l'ébullition.

(2) CHEVREUL, mém. cit.

(3) LIEBIG, *Ann. der Chem. und Pharm.*, 1847, et *Annales de chimie et de physique*, 1847, t. XXIII, p. 239.

(4) *Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences de Paris*, 1847, t. XXIV, p. 500.

(5) *Loc. cit.*

(6) VERDEIL et MARCET en ont, les premiers, signalé la présence dans le sang. Dans *Journal de chimie et de pharmacie*, 1851, t. XX.

(7) Voir plus haut p. 60 pour l'*inosite*.

(8) De ὀσμή odeur et ζωμὸς bouillon. L'*osmazôme* de THÉNARD paraît être un mélange de divers corps, comme la *Zomidine* de BERZELIUS.

extraite *chimiquement* des os : une pareille gélatine, lors même qu'elle est associée à d'autres éléments, est encore, à cause même de son mode de préparation, plutôt nuisible qu'utile. Mais il n'en est plus de même de celle que nous consommons journellement avec la viande, avec le bouillon, avec les parties osseuses, tendineuses et ligamenteuses ou avec le tissu celluleux qui accompagne la chair musculaire. Ici, ces différents tissus, convenablement cuits, n'ont point perdu leur organisation au point d'être transformés en quelque chose de semblable à la gélatine du commerce ou colle-forte ; aussi ont-ils conservé leur propriété nutritive. En effet, l'expérimentation démontre que la gélatine qu'on obtient par la coction des os frais ou par celle des pieds de veau (tendons), et qui est naturellement unie à des matières grasses, peut entretenir la vie chez les chiens.

Sans admettre qu'on puisse appeler le bouillon la *quintessence de la viande*, nous croyons qu'on ne saurait lui refuser, indépendamment de sa sapidité, un certain pouvoir nutritif qui semble, *en partie* au moins, être dû à l'intervention d'une légère quantité de gélatine (d'*albumine de cuisson* (1) ?), et aussi surtout à la présence d'éléments salins, médiateurs indispensables de diverses transmutations organiques.

V. Je viens de m'écarter, un moment, de l'*étude physiologique* des principes azotés ou non azotés ayant une origine animale ou végétale et jouant un rôle dans l'alimentation, pour mentionner quelques boissons alimentaires complexes, dont l'usage est si répandu que je n'ai pas cru devoir les passer sous silence. Mais je rentre dans la précédente étude, ayant en vue d'autres substances qui, pour être empruntées au règne minéral, n'en sont pas moins essentielles à l'organisme, et, par conséquent, indispensables dans l'alimentation : telles sont, entr'autres, le chlorure de sodium ou sel marin, le phosphate de chaux et l'oxyde de fer, auxquels leur importance reconnue a fait donner le nom d'*aliments minéraux*.

Ce serait, en effet, une grande erreur de croire que les principes organiques, comme l'albumine, la fibrine, la caséine, les graisses, l'amidon et le sucre, si bien réputés matières nutritives, puissent, seules ou mêmes mélangées entr'elles, suffire à l'entretien de la vie des animaux. Comme nous le démontrerons plus loin, à l'aide de faits incontestables, pour que ce dernier résultat soit produit ou que la vie se conserve, il faut encore le concours de certaines matières minérales qui habituellement ne sont pas ingérées seules dans les voies digestives, mais consommées avec les aliments et les boissons : aussi bien que les matériaux organiques eux-mêmes, elles sont d'ailleurs destinées à l'entretien ou au renouvellement des parties solides et liquides de l'organisme, car les humeurs et les tissus contiennent aussi ces mêmes composés minéraux. De là, cette conséquence, que si les aliments d'origine animale ou végétale (viande, pain, lait, seuls ou mélangés ensemble) entretiennent parfaitement la vie, c'est qu'ils renferment naturellement une certaine proportion de principes minéraux. Bien évidemment, du reste, ces derniers à eux seuls sont incapables de faire vivre l'homme ou les animaux ; et si certaines terres, appelées *comestibles*, que mangent, dit-on, des peuplades sauvages dans les cas de disette, sont réellement alimentaires, elles le sont, non pas seulement comme composé minéral, mais aussi en raison des nombreux débris organiques qu'elles contiennent.

(1) Voir plus haut, p. 39, où se trouvent indiquées l'*albumine de cuisson* et les propriétés que lui attribue LUCIEN CORVISART.

Les principes minéraux, essentiels à l'alimentation, sont les mêmes dans la viande, le pain, les graines, les racines, les tubercules, les herbes et les fruits; seulement leurs proportions varient extrêmement dans ces diverses substances alimentaires (Liebig).

Parmi ces principes inorganiques, les uns comme le *phosphate de chaux*, le *phosphate de magnésie*, le *carbonate de chaux*, le *fluorure de calcium* et l'*acide silicique* ont plus spécialement la mission de se déposer dans les tissus solides, contribuant ainsi à leur donner de la résistance et de la rigidité : les autres, comme le *chlorure de sodium* (sel marin), l'*acide chlorhydrique*, le *carbonate de soude*, les *phosphates alcalins* et l'*oxyde de fer* (1), sont les principes nécessaires, constants de plusieurs liquides animaux ou bien des dissolvants de certaines substances organiques, des médiateurs indispensables de diverses transformations qui se passent au sein de l'économie animale (2).

Ce n'est point encore le lieu de rechercher comment certains sels minéraux sont indispensables à la nutrition, pourquoi leur présence influe essentiellement sur la valeur nutritive des aliments proprement dits. Cette étude sera faite dans le chapitre consacré à la *nutrition ;* mais malheureusement elle ne sera guère féconde en résultats positifs, attendu que, de l'aveu de Lehmann lui-même, nos connaissances relatives aux substances minérales de l'économie et surtout aux combinaisons qu'elles y forment, sont loin d'être en rapport avec l'état avancé de l'analyse chimique. Cette lacune provient, en partie, de ce qu'on a presque toujours cherché à déterminer la nature de ces substances par l'analyse des cendres, sans se préoccuper assez de la volatilisation ou des transformations plus ou moins complètes, subies pendant l'incinération par certains éléments ; de sorte que la composition des cendres ne pouvait pas donner la composition réelle des principes minéraux qui les avaient fournies.

Comme difficulté d'un autre ordre, notons que, d'ailleurs, dans les phénomènes physiologiques dont il s'agit, intervient l'action simultanée et corrélative de plusieurs principes inorganiques, de manière que trop souvent on s'égare à vouloir déterminer le rôle de chacun dans l'œuvre réellement collective de plusieurs agents.

Avant de faire l'histoire physiologique du chlorure de sodium, du fer, et du phosphate de chaux, comme principes minéraux ayant le plus d'influence apparente dans l'alimentation, je tracerai rapidement celle de l'*eau*, qui nous servira de transition naturelle à l'étude de ces aliments inorganiques.

En effet, ne sait-on pas que les sels calcaires, ferriques et alcalins, si indispensables à l'entretien de la vie, sont bien loin de provenir exclusivement de la nourriture solide; qu'au contraire, l'eau ingérée par les animaux en fournit aussi une quantité notable qu'on ne saurait négliger quand on cherche à apprécier dans leur ensemble les matériaux de la nutrition (3) ?

(1) J'y ajouterai le *sulfocyanure de potassium* qui, dans mon opinion, est un élément constant et caractéristique du fluide salivaire. (Longet, *Du sulfocyanure de potassium considéré comme un des éléments normaux de la salive ;* mémoire inséré dans les *Annal. des sc. nat.*, 4e série, t. IV.)

(2) Il est encore d'autres substances minérales que l'on rencontre fortuitement dans l'organisme ou qui ne sont que des résultats de transformations accomplies par lui-même; tels sont : les *sulfates alcalins*, les *sels ammoniacaux*, le *carbonate de magnésie*, le *manganèse*, le *plomb*, le *cuivre*, l'*arsenic*.

(3) Boussingault (*Économie rurale*, t. II, p. 351, 2e édit.), dans une expérience faite sur une vache laitière, a constaté que les substances minérales prises à l'*abreuvoir* s'élevaient jusqu'à 50 grammes par jour.

Il résulte d'un curieux calcul du même auteur (*ouv. cit.* t. II, p. 142), qu'en abreuvant 100 têtes

L'eau, comme nous en avons déjà fait la remarque (voy. p. 65), est par conséquent loin de se trouver dans la nature à l'état de pureté parfaite (protoxyde d'hydrogène) ; l'eau pluviale, elle-même, la plus pure des eaux douces naturelles, contient aussi une certaine proportion de matières étrangères (carbonates alcalins, sulfates, chlorures, etc.), matières minérales qui, avec beaucoup d'autres, entrent elles-mêmes dans la composition des parties solides et liquides de l'organisme (1).

Pour les êtres organisés, l'eau est tellement importante, qu'on ne saurait les concevoir dépourvus de ce fluide. Il est même des animaux, et ce fait est positif, qui *ressuscitent* dans l'eau après être restés pendant fort longtemps dans un état de dessiccation complète (2). Ce liquide semble entrer en proportion définie dans la composition de ces êtres ; il leur en faut une quantité pour ainsi dire déterminée, pour qu'ils jouissent de la vie. Certains tissus, comme l'a démontré Chevreul (3), sont dans le même cas : en perdant l'eau qu'ils contenaient, ou bien en en prenant plus qu'il n'est convenable, ils perdent leur propriété particulière ; tels sont le tissu jaune élastique, la cornée transparente, etc.

Mais évidemment, d'après ce que nous disions plus haut, l'eau n'entre pas seulement dans la constitution des animaux ou des plantes comme simple liquide retenu dans les mailles de leurs tissus ; elle favorise encore, à cause des substances salines ou des matières qu'elle renferme, le développement de l'être organisé à la manière d'engrais ou d'aliment.

Peu de phénomènes s'accomplissent dans la nature vivante sans son intervention, et l'on peut dire que l'eau résume en elle seule une grande partie des conditions de la vie. Seule, parmi les liquides, elle peut dissoudre toutes sortes de gaz ; à cette propriété se rattache l'existence de tout ce qui est vivant et organisé. Pas de respiration possible pour les animaux aquatiques, si l'eau ne tenait en dissolution de l'oxygène ; pour les animaux terrestres, si leurs voies pulmonaires n'étaient suffisamment humides ; ni pour les plantes, qui empruntent principalement un de leurs éléments à l'acide carbonique, si l'eau ne servait pas d'intermédiaire. Enfin, sans la propriété que, seule parmi tous les liquides, l'eau possède de dissoudre un grand nombre de substances minérales, les animaux et les plantes ne sauraient absorber et s'assimiler certains principes fixes, qui pourtant sont indispensables à leur existence.

L'eau, qui maintient le sang dans l'état de fluidité indispensable à la circulation, et les différents tissus dans l'état de mollesse ou de souplesse nécessité par leurs usages, qui dissout et met en présence les matières devant réagir les unes sur les autres, provient surtout du dehors ; mais elle peut se former dans l'animal lui-même

le bétail avec certaines eaux potables, on peut, dans une exploitation rurale, faire arriver ainsi, chaque année, au fumier 7 à 800 kilogrammes de substances salines éminemment utiles à la végétation, puisqu'il s'y trouve du phosphore, du soufre, du chlore, de la silice et des alcalis.

(1) Voir plus haut, p. 65, l'analyse de l'*eau pluviale*, par Brandes.

L'air, surtout après une sécheresse prolongée, tient toujours en suspension des poussières de nature très variée : ces poussières cèdent, à la pluie qui les entraîne, leurs principes solubles. De plus, les expériences de Cavendish et de Séguin ont appris que, toutes les fois qu'un mélange humide d'oxygène et d'azote est traversé par l'étincelle électrique, il y a production d'acide azotique et d'azotate d'ammoniaque. Or, cette circonstance se présente fréquemment dans l'atmosphère ; d'où la présence constante de l'acide azotique uni à la chaux ou à l'ammoniaque dans les pluies d'orage, comme l'a démontré Liebig.

(2) Ce fait, déjà constaté par Spallanzani, a été définitivement établi par les belles recherches de Doyère (*Mémoire sur l'organisation et les rapports naturels des Tardigrades* (vers), *et sur la propriété remarquable qu'ils possèdent de revenir à la vie après avoir été complétement desséchés*, Paris, 1842).

(3) Chevreul, *De l'influence que l'eau exerce sur plusieurs substances azotées solides* (*Ann. de chimie et de phys.*, 1822, t. XIX, p. 2).

aux dépens de l'hydrogène des substances organiques et de l'oxygène de la respiration, comme elle peut aussi s'y détruire au milieu de toutes les transmutations dont l'économie est le siége.

Quant à la quantité introduite normalement dans le corps humain, en vingt quatre heures, elle varie considérablement suivant les individus, suivant les âges les circonstances extérieures, etc. Ainsi que le fait observer Burdach, on ne peut rien établir de général à cet égard : il faut tantôt plus, tantôt moins d'eau, selon que les aliments ingérés en contiennent eux-mêmes plus ou moins.

Le *chlorure de sodium* (sel marin) représente un des principes constituants les plus importants de l'économie animale : on le trouve dans toutes les parties, solides ou liquides, du corps. La quantité contenue dans le sang d'homme, de veau, de bœuf, de mouton, de porc, s'élève à 50 ou 60 centièmes du poids total des cendres ; et, chose digne de remarque, ses proportions, presque constantes, paraissent à peine augmenter en raison de la quantité de sel ingérée par les aliments, le surplus s'échappant du corps par les fèces, les urines, la sueur, etc. (1). Comme le fait observer Liebig (2), cela semble indiquer, dans les vaisseaux sanguins, une action particulière qui s'oppose à la fois à la diminution et à l'augmentation du sel marin, puisque la proportion ne s'en élève pas au delà d'une certaine limite. Le sel marin ne serait donc pas, pour le sang, un principe accidentel, mais un principe constant, et il s'y trouverait dans une proportion jusqu'à un certain point invariable.

Sa quantité atteint aussi un chiffre élevé dans le chyle, la lymphe, l'albumine des œufs et, en général, dans tous les liquides alcalins ; elle est de 10 à 12 pour 100 du poids des principes solides, dans la salive, le suc gastrique, le mucus, etc.

Cette abondance, cette sorte de diffusion du chlorure de sodium, dans tous les liquides de l'organisme et par suite dans tous les tissus que ceux-ci imprègnent, porte bien à croire qu'un pareil sel ne saurait avoir un rôle secondaire, mais qu'il doit être un facteur important dans plus d'une réaction de l'économie.

Il ne faudra donc pas trop s'étonner qu'on ait parfois exagéré la bonne influence d'une substance aussi nécessaire, et même aussi indispensable dans l'alimentation. Quelques dissidences existent, en effet, entre les expérimentateurs. Nul doute pour quelques-uns, qu'en accélérant les phénomènes de nutrition, le sel ajouté à la ration alimentaire n'exerce une action marquée sur le développement du bétail sur la production de la chair : Ainsi Dailly (3), expérimentant sur vingt moutons partagés en deux lots et nourris à discrétion, a constaté que le lot qui recevait en outre, une ration de sel, consommait un peu plus de fourrage, et présentait au bout de trois mois, un excès de poids de 8$^{kil.}$,50 (4). Plus loin, nous verrons le docteur Saive, dans un Mémoire expérimental couronné par l'Académie de médecine de Bruxelles, se ranger aussi à la précédente opinion. Mais c'est évidem-

(1) DE BLAINVILLE (*Cours de physiologie générale et comparée*, t. III, p. 50) assure que, chez les personnes qui respirent l'air chargé des émanations salines de la mer, comme aussi chez celles qui font habituellement usage d'aliments très salés, la *sueur* contient plus de chlorure de sodium que chez les individus placés dans des conditions différentes.

(2) *Nouvelles lettres sur la chimie*, p. 181.

(3) *Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences de Paris*, 8 mars et 12 avril 1847

(4) Pour le lot des dix moutons recevant du sel, le gain, pendant l'engraissement, fut de 84 kilogrammes, et pour l'autre lot privé de sel il fut de 76 k., 5.

BOUSSINGAULT (*Mém. de chimie agricole et de physiol.*, p. 263, Paris, 1854) croit pouvoir faire dépendre cette différence assez légère uniquement des erreurs de pesées.

ment aller au-devant des faits, et vouloir singulièrement exagérer la propriété nutritive du chlorure de sodium que de prétendre, par exemple, que 3 kilogrammes de foin, additionnés de sel, nourrissent autant que 4 kilogrammes du même fourrage, donnés sans ce principe salin (1), ou bien encore que, par son intervention dans une ration, 1 kilogramme de sel développe 10 kilogrammes de chair ou de graisse. De Béhague, Baudement et surtout Boussingault (2) ont fourni les preuves expérimentales du contraire et fait justice de ces exagérations.

Boussingault, qui n'attribue au sel marin qu'un effet peu prononcé sur la croissance du bétail, reconnaît qu'il agit favorablement sur l'aspect et la qualité des animaux, sur leur appétit et sur leur santé. Faisant allusion à ses propres expériences, ce savant observateur s'exprime ainsi (3) : « Jusqu'à la fin de mars, les deux lots (chacun de 3 taureaux) ne présentaient pas encore de différence bien marquée dans leur aspect; ce fut dans le courant d'avril que cette différence commença à devenir manifeste, même pour un œil peu exercé : il y avait alors six mois que le lot n° 2 ne recevait pas de sel (excepté celui qui existe normalement dans le fourrage). Chez les animaux des deux lots, le maniement indiquait bien une peau fine, moelleuse, s'étirant et se détachant des côtes ; mais le poil, terne et rebroussé sur les taureaux du n° 2, était luisant et lisse sur les taureaux du n° 1. A mesure que l'expérience se prolongeait, ces caractères devenaient plus tranchés : Ainsi, au commencement d'octobre, le lot n° 2, après avoir été privé de sel pendant une année, présentait un poil ébourriffé, laissant apercevoir çà et là des places où la peau se trouvait entièrement mise à nu. Les taureaux du lot n° 1 conservaient, au contraire, l'aspect des animaux de l'étable recevant aussi du sel; leur vivacité et les fréquents indices du besoin de saillir qu'ils manifestaient, contrastaient avec l'allure lente et la froideur de tempérament qu'on remarquait chez le lot n° 2. Nul doute que, sur le marché, on eût obtenu un prix plus avantageux des taureaux élevés sous l'influence du sel. »

Boussingault énonce le regret de n'avoir pu prolonger davantage l'expérimentation, afin de constater jusque dans leurs dernières conséquences les effets que peut amener la privation d'une quantité suffisante de sel (4).

(1) PLOUVIEZ, *Bulletin de l'Académie de médecine de Paris*, t. XIV, p. 1021 et 1077.

(2) *Économie rurale*, t. II, p. 189 et 502, 2e édit., Paris, 1851.

(3) BOUSSINGAULT, *Mémoires de chimie agricole et de physiologie*, p. 271 et suivantes, in-8, Paris, 1854.

(4) Une vache laitière, en consommant, par jour, 18 kilogrammes de foin, peut recevoir 16 grammes de sel marin naturellement contenus dans ce fourrage. BOUSSINGAULT, p. 257 des *Mémoires cités*.

Toutefois, la proportion de *chlorure de sodium*, dans cette plante fourragère et autres, est sujette à des variations dépendantes probablement de la constitution géologique du sol, de la nature des engrais et de la qualité des eaux d'irrigation. Ces variations, d'après la judicieuse remarque de BOUSSINGAULT, expliquent peut-être mieux que toutes les raisons qui ont été données jusqu'à présent la divergence des opinions émises sur les avantages de l'emploi du sel dans les étables. On comprend, par exemple, que le sel ajouté à la ration produise un effet très favorable dans les localités où les fourrages n'en contiennent qu'une minime quantité, et que cet effet soit beaucoup moins prononcé dans les lieux où les aliments végétaux sont plus abondamment fournis de sel marin ; la proportion naturelle de ce dernier pouvant parfois être suffisante par elle-même pour satisfaire aux exigences de l'économie.

En Angleterre, on donne, d'après un rapport de Milne Edwards, 80 à 90 grammes de sel, par jour et par tête de gros bétail ; aux veaux, 28 grammes ; à Bechelbronn, Boussingault en donne jusqu'à 50 grammes à des vaches de 6 à 700 kilogrammes ; dans le Wurtemberg, la dose de sel est comprise entre 15 et 30 grammes par tête.

L'instinct nous fait ajouter plus de sel aux aliments amylacés qu'aux autres ; et Boussingault a constaté que des vaches, nourries exclusivement avec des pommes de terre, n'ont supporté ce régime qu'autant qu'on ajoutait à leur ration quotidienne 70 grammes de sel.

J'ajouterai que le complément des précédentes expériences se trouve dans des observations recueillies sur des individus de notre propre espèce. Barbier (1) rapporte que des seigneurs russes, ayant fait supprimer le sel dans l'alimentation de leurs vassaux, ceux-ci tombèrent dans un état de langueur et de faiblesse extrêmes, avec pâleur de la peau, tendance à l'œdème des membres inférieurs, génération d'helminthes dans le tube digestif; enfin, les symptômes de l'anémie par diminution de la proportion des globules et de l'albumine du sang. Le même auteur fait cette remarque, qui n'est pas sans portée, que la privation du sel n'a jamais pu passer dans les austérités du cloître. Plouviez (2), qui considère le sel marin comme un aliment indispensable destiné à donner plus de force et de vigueur que d'embonpoint, a constaté, à l'aide de ses propres recherches, l'influence fâcheuse d'une alimentation privée de sel sur la composition du sang.

Je reviens au bétail et aux avantages que présente l'emploi du sel marin dans son régime. Il y a, dit Liebig (3), des pays où il faut donner du sel aux animaux pour les conserver à la vie : ainsi, suivant Warden, les animaux domestiques mouraient, dans le nord du Brésil, quand on ne leur donnait pas une certaine portion de sel marin ou de sable salé. Le savant docteur Roulin, aujourd'hui bibliothécaire de l'Institut de France, mentionne le fait suivant qu'il a observé en Colombie : lorsque les bestiaux ne trouvaient pas de sel dans le fourrage, dans l'eau ou dans la terre, les femelles devenaient moins fécondes et les troupeaux diminuaient très rapidement. Dans un Mémoire, déjà mentionné plus haut, le docteur Saive affirme que le sel marin exalte la fécondité des mâles et des femelles, et double les moyens de nutrition du fœtus. A l'époque de l'allaitement, dit-il, le sel que reçoit la mère rend le nourrisson plus robuste, le lait plus abondant (4) et plus nourrissant; le sel accélère la croissance et rend plus fine la laine des moutons; la chair des animaux, qui consomment beaucoup de sel, en devient plus savoureuse, plus nutritive, et plus facile à digérer. La vigueur incontestée, qui en résulte pour les animaux, pourrait aussi expliquer le fait rapporté par Gaspard (5) de troupeaux de bœufs de Hongrie, dans la nourriture desquels entrait le sel pour une grande proportion, et qui, amenés en Hollande, échappèrent au ravage d'une épizootie dont étaient victimes les bœufs indigènes.

Les faits qui précèdent démontrent que le chlorure de sodium joue un rôle considérable dans les phénomènes de la digestion et de la nutrition, puisque la suppression ou une notable diminution de ce principe salin, dans le régime, finit par amener une altération grave de la santé. Pour le moment, cette démonstration nous suffit.

Plus tard, dans notre exposé spécial des phénomènes de la nutrition, et à propos des questions relatives au rôle que les sels minéraux remplissent dans les transmutations des principes organiques, il nous faudra examiner la valeur de diverses hypothèses qui ont été émises sur le mode d'action du chlorure de sodium au sein de l'organisme; savoir, par exemple, s'il influence la constitution de la bile et d'autres liquides alcalins auxquels, par sa soude, il donnerait leur alcalinité, la

(1) *Note sur le mélange du sel marin aux aliments de l'homme*, dans *Gazette méd. de Paris* 1838, p. 301.

(2) *Bulletin de l'Académie de médecine de Paris*, t. XIV, p. 1021 et 1077.

(3) *Nouvelles lettres sur la chimie*, p. 191 et suivantes, Paris, 1852.

(4) Boussingault (*Mém. de chimie agricole et de physiol.*, p. 266, Paris, 1854) conteste cette influence du sel marin sur la sécrétion du lait (*Expér. de Lebel*).

(5) *Journal de physiol. expérim.* de Magendie, t. IV.

composition du sac gastrique, auquel il fournirait l'acide chlorhydrique; si, sans cesse, introduit dans le sang et mêlé à l'albumine, il concourt avec elle à prévenir la dissolution des globules sanguins, favorisant, au contraire, la dissolution de certains éléments organiques, et leurs métamorphoses en présence de l'oxygène (1); si encore, comme le suppose Liebig (2), il convertit en phosphate de soude une partie du phosphate de potasse, que les aliments et la résorption opérée dans les muscles introduisent dans le sang (3); enfin, si, d'après le même auteur (4), à cause de la constance de ses proportions dans le sang, il contribue puissamment à des actes physiques d'endosmose et d'exosmose, c'est-à-dire à l'*absorption* à travers les membranes.

Disons-le, par anticipation, ici la Chimie physiologique se montrera bien plus riche en conjectures qu'en vérités rigoureusement établies.

L'hématosine de Chevreul, ou substance colorante du sang, renferme une grande proportion de *fer* (environ 7 pour 100 de son poids), qu'on obtient à l'état d'*oxyde de fer* par incinération de la précédente substance. C'est à l'état de chlorure que le fer existerait dans le suc gastrique, et à celui de phosphate qu'on le trouverait dans le liquide de la rate, d'après Lehmann (5).

C'est surtout parce qu'il concourt à la production de l'élément organique par excellence, du *globule sanguin*, que le *fer* a été considéré par quelques physiologistes comme un aliment de premier ordre.

Nul doute que les matières alimentaires ou l'eau ingérée ne l'introduisent habituellement en quantité suffisante pour les besoins de l'économie ; mais chacun sait que parfois on est obligé de l'ajouter au régime pour remédier à une altération fondamentale du sang consistant dans la diminution de ses globules. L'absence ou la quantité trop minime de ce principe minéral amène les désordres les plus graves dans la santé : ses usages doivent, en effet, être des plus importants puisqu'on le découvre aussi jusque dans les cendres du lait et de l'œuf. Mais jusqu'à présent, ils sont loin d'avoir été expliqués et, à leur sujet, la science ne possède encore que des données purement théoriques dont nous n'examinerons la valeur que plus tard.

Le *phosphate de chaux*, comme le chlorure de sodium, est si généralement répandu dans l'économie animale, qu'il n'est aucun tissu, aucun liquide qui, après incinération, n'en donne une quantité plus ou moins notable.

Si l'on sait qu'il forme la plus grande partie de la masse des os, on ne doit pas non plus ignorer que les trois matières albuminoïdes fondamentales ou protéiques (albumine, fibrine et caséine) donnent aussi à la combustion des quantités variables de cendres dans lesquelles le phosphate de chaux ne manque jamais. On regarde

(1) L'*albumine* doit en partie sa solubilité, dans les humeurs, au sel marin qui dissout également la *caséine*.

Les recherches de Calloud (*Journal de Pharmacie*, t. XI, p. 562), confirmées par celles de Péligot, Brunner, Erdmann et Lehmann, ont appris que le chlorure de sodium forme avec la glycose une combinaison définie et cristalline ; on sait qu'il se comporte d'une manière analogue avec l'urée, ce produit ultime de certaines transmutations organiques. Aussi, dans l'économie animale, ces deux produits sont-ils généralement accompagnés d'une certaine quantité de chlorure de sodium: de là l'hypothèse que ce sel doit contribuer, jusqu'à un certain point, aux transformations du sucre, à la sécrétion et à l'élimination de l'urée.

(2) *Loc. cit.*

(3) On sait que le phosphate de soude facilite singulièrement l'absorption de l'acide carbonique par le sang veineux, et consécutivement l'élimination de cet acide hors de l'organisme.

(4) Liebig, *Nouvelles lettres sur la chimie*, p. 188 et suivantes, Paris, 1852.

(5) *Ouv. cit.*, p. 107.

d'ailleurs comme très probable que sa présence est la cause déterminante de certaines métamorphoses que ces matières subissent durant la vie.

Insoluble dans l'eau, il est néanmoins à l'état liquide dans le sang et les autres fluides organiques, tantôt libre, tantôt combiné avec des matières albumineuses. C'est à l'aide de l'acide carbonique du sang qu'il devient sensiblement soluble ; les bicarbonates alcalins et le chlorure de sodium contribuent aussi à en dissoudre une partie. C'est encore par l'intervention du même acide que, devenu soluble, il est absorbé par les spongioles des racines, et qu'il peut concourir au développement des plantes ; sans cette propriété, on ne saurait expliquer sa présence dans les végétaux.

Le phosphate de chaux, chez l'embryon, est transmis par endosmose avec les autres matériaux nutritifs qu'apporte le sang maternel ; plus tard, il provient du lait et des autres aliments végétaux ou animaux. Toutefois, ce sel paraît se produire aussi au sein de l'économie, aux dépens d'autres sels calcaires et d'autres phosphates.

C'est principalement par les urines que disparaît l'excès de phosphate calcaire qui, ne devant plus faire partie des tissus ou des liquides organiques, sera lui-même bientôt remplacé. On s'explique facilement pourquoi le phosphate de chaux manque si souvent dans l'urine des femmes enceintes pendant les derniers mois de la grossesse.

Il suffit de se rappeler quelle proportion considérable de phosphate calcaire les os renferment, pour comprendre aussi la bonne influence qu'il peut avoir quand on l'ajoute aux aliments, dans le but de hâter la marche de l'ossification du cal dans les fractures (1).

Les recherches de Chossat (2) ont surtout démontré combien le phosphate de chaux est nécessaire au développement et à la nutrition du système osseux (3). La privation prolongée de matière calcaire, chez des pigeons, a fini, en effet, par rendre leurs os tellement minces que, même pendant la vie, ils se fracturaient avec la plus grande facilité.

Le travail de déssassimilation des matières calcaires se continue donc dans la substance des os, quand bien même le travail inverse ou d'assimilation y est devenu impossible faute de leur concours. Cette résorption, de la part du reste de l'organisme, conduit naturellement à l'idée que, si ces matériaux contribuent à la solidité du tissu osseux, ils pourraient bien aussi avoir quelque autre usage, et un rapport plus direct avec l'alimentation en général. Les expériences suivantes de Chossat (4) viendraient à l'appui de cette hypothèse.

Ayant d'abord constaté l'habitude et le besoin qu'ont les pigeons de joindre une certaine quantité de matière calcaire à celle qui se trouve naturellement dans leur nourriture habituelle, Chossat a nourri plusieurs de ces oiseaux uniquement avec du blé, dans les cendres duquel, comme on le sait, il entre beaucoup

(1) ALPH. MILNE EDWARDS, *De l'influence de la proportion de phosphate de chaux contenu dans les aliments sur la formation du cal.* Mémoire présenté à l'Académie des sciences de Paris, le 7 avril 1856.

(2) *Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, t. XIV, p. 451. — *Recherches expérimentales sur l'inanition*, Paris, 1844.

(3) D'après Berzelius (*Traité de chimie*, trad. franç., t. VII, p. 474, Paris, 1833), l'analyse des os de bœuf donne 57,35 pour 100 de *phosphate de chaux* (avec traces de fluate calcaire), et seulement 3,85 de *carbonate de chaux*. Ce sont là les seuls sels calcaires qui se rencontrent dans le système osseux.

(4) *Loc. cit.*

de phosphate de magnésie, des sels de potasse et fort peu de chaux. Ces animaux se trouvaient d'abord très bien de ce régime, et même ils commençaient par engraisser; mais, au bout de deux ou trois mois, cet état prospère cessait ordinairement, les fèces devenaient molles, diffluentes, une soif vive se faisait sentir, l'animal maigrissait de plus en plus et finissait par succomber entre le huitième et le dixième mois, à la suite d'une diarrhée que Chossat attribue à l'insuffisance de principes calcaires, notamment du phosphate de chaux.

Mouriès (1), se fondant sur ses propres recherches, croit que la privation de phosphate de chaux peut amener la mort avec tous les symptômes de l'inanition, tandis que son ingestion insuffisante avec les aliments ferait naître la série des maladies dites lymphatiques. Pour légitimer ces assertions, l'auteur établit : 1° que le sang des animaux contient une proportion constante de phosphate de chaux indépendante de la quantité de ce sel contenue dans les aliments (1gr,20 à 1gr,50 pour 100 chez les oiseaux, 0,4 à 0,9 chez les mammifères herbivores et carnivores); 2° qu'il existe un rapport constant entre la température des animaux et la quantité de phosphate de chaux renfermé dans le sang, comme on le voit d'après les chiffres donnés à l'appui de son travail.

Quoi qu'il en soit de ces dernières assertions, qui auraient besoin du contrôle d'autres expérimentateurs, il paraît probable, surtout après les expériences de Chossat, que le rôle du phosphate de chaux, dans l'organisme, ne se borne pas seulement à *nourrir* le système osseux (2). Peut-être Blondlot (3), qui attribue l'acidité du suc gastrique au phosphate acide de chaux, trouverait-il, dans ces mêmes expériences, quelque appui à sa doctrine d'ailleurs combattue par la plupart des physiologistes.

VI. Grâces aux quelques détails chimiques et surtout aux nombreuses considérations physiologiques qui viennent d'être présentés sur les matières *albuminoïdes*, les *matières grasses*, les *substances féculentes ou sucrées*, et sur plusieurs *principes minéraux* essentiels à l'organisation, il nous sera facile d'abréger ce qui nous reste à dire des substances alimentaires et de l'*alimentation*.

Une question, qui s'offre tout d'abord comme conséquence de la précédente étude, est celle de savoir quelles proportions de ces divers éléments nutritifs sont les plus avantageuses pour l'entretien régulier de la vie. Mais, avant d'en chercher la solution, au moins approximative, il importe de rappeler et d'établir certains faits qui s'y rattachent plus ou moins directement.

1° L'usage exclusif de *principes non azotés*, puisés dans le règne végétal ou animal (sucre, gomme, amidon, beurre), est impropre à entretenir la nutrition.

Magendie (4) est le premier qui, avec le concours éclairé de Chevreul, ait fait des expériences sur les qualités nutritives de substances dans la composition desquelles il n'entre pas d'azote. Des chiens nourris, soit avec du sucre, soit avec de l'huile d'olive, avec de la gomme ou avec du beurre (matière animale exempte d'azote), et auxquels fut accordée pour toute boisson de l'eau distillée, ne tardèrent pas à maigrir, et succombèrent dans une période moyenne de trente-quatre jours. On a

(1) *Rôle du phosphate de chaux et des chlorures alcalins dans certains cas d'alimentation insuffisante*. Rapport de BOUCHARDAT à l'Académie de Médecine, décembre 1853.

(2) Consulter, dans l'*Économie rurale* de BOUSSINGAULT, t. II, p. 338, 2e édit., l'intéressant chapitre intitulé : *De la matière inorganique des aliments*.

(3) *Traité analytique de la digestion*, p. 247, Paris, 1843.

(4) *Précis élémentaire de physiologie*, t. II, p. 499 et suiv. 4e édit. Paris, 1836.

prétendu que le défaut de nutrition pouvait provenir ici de ce que, les chiens étant carnivores, on leur avait donné des aliments contraires à leur nature. Aussi Tiedemann et Gmelin (1) songèrent-ils à répéter les précédentes expériences en choisissant des oies, c'est-à-dire des oiseaux qui se nourrissent de matières végétales, sans toutefois dédaigner les substances animales. On les nourrit avec de la gomme, du sucre, de l'amidon sec ou cuit et de l'eau non distillée, à discrétion. Comme ces substances entrent dans la composition des aliments habituels à ces animaux, on ne saurait reprocher à Tiedemann et à Gmelin de les avoir mis à un régime contraire à leur nature. Or, l'oie, soumise à l'usage exclusif de la gomme, mourut le seizième jour; celle qu'on avait nourrie avec du sucre succomba le trente-deuxième jour; la troisième, qui n'avait pris que de l'amidon sec, vécut vingt-sept jours, et la quatrième put en vivre quarante-cinq avec de l'amidon cuit. Du reste, ces expérimentateurs se sont assurés qu'ici la mort ne saurait tenir à ce que les précédentes substances n'auraient pas été digérées; car, par l'inspection des chylifères et l'analyse des fèces, ils ont constaté qu'elles avaient cédé, sinon en totalité, du moins en grande partie, à l'action des forces digestives.

Les pigeons ou les tourterelles, que Chossat (2) et Letellier (3) ont nourris avec du sucre, ont aussi présenté les signes de l'inanition suivis de la mort, avec d'autres particularités inutiles à rappeler ici. Dans les observations de Letellier, la mort a été plus prompte encore avec le régime du *sucre de lait* qu'avec celui du sucre de canne.

Toutes ces expériences, quoi qu'on en ait pu dire, nous paraissent concluantes pour établir la proposition qui précède.

2° Les *principes immédiats azotés*, provenant de l'un ou de l'autre règne organique (albumine, fibrine, caséine, glutine, etc.), *seuls ou mélangés entre eux*, ne peuvent suffire à l'entretien de la vie des animaux (*).

Une oie, alimentée par Tiedemann et Gmelin (4) exclusivement avec de l'albumine cuite, succomba le quarante-sixième jour de l'expérience. Des chiens, nourris soit avec de l'albumine, soit avec de la fibrine, soit avec de la gélatine, ou bien encore avec un mélange de ces trois substances fait d'après les proportions où elles se trouvent dans la viande cuite, moururent également; seulement, dans ce dernier cas, ils succombèrent après un plus long laps de temps, c'est-à-dire après plus de trois mois (Valentin et Magendie). La fibrine de la viande et celle du sang ne seraient pas identiques d'après Magendie (5) : en effet, l'alliance de la fibrine du sang avec du bouillon contenant les principes sapides et les sels de la

(1) *Recherches expérimentales physiol. et chim. sur la digestion*, trad. de JOURDAN, 2e part., p. 212. Paris, 1827.

(2) *Recherches expérimentales sur les effets du régime du sucre*, dans *Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, séance du 16 octobre 1843.

(3) *Observations sur l'action du sucre dans l'alimentation des granivores*; travail inséré dans les *Mémoires de chimie agricole et de physiologie*, par BOUSSINGAULT, p. 49. Paris, 1854.

(*) Il faut se garder de confondre la *glutine* avec le gluten. Obtenu en pétrissant sous un mince filet d'eau de la farine de froment, par exemple, le gluten brut est une substance complexe qui ne renferme pas moins de quatre produits distincts : 1° de la fibrine végétale; 2° de la caséine végétale; 3° de la *glutine* (partie du gluten soluble dans l'alcool); 4° des matières grasses mélangées avec les trois corps précédents. Le gluten, nous le dirons à l'avance, peut donc représenter un aliment *complet*, en ce sens qu'il contient des matières grasses et des matières azotées. Aussi, dans certaines expériences, le régime du gluten s'est-il montré suffisant pour entretenir la vie.

(4) *Ouv. cit.*, 2e partie, p. 231.

(5) *Expériences sur la fibrine musculaire*, etc., dans *Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, 1841, t. XIII, p. 273.

viande n'a plus suffi, dès le trente et unième jour, pour nourrir un chien ; tandis que la fibrine musculaire, bouillie et privée de graisse, n'a produit ce même effet négatif que vers le cinquante-cinquième jour. Boussingault (1) a fait aussi, sur la fibrine, l'albumine et la caséine, des expériences qui démontrent que, donnés seuls, ces principes azotés sont impropres à entretenir la vie, et Liebig (2) n'hésite pas à admettre qu'il en est ainsi. C'est qu'en effet l'aliment azoté ne peut nourrir, d'une manière complète et durable, que dans certaines conditions d'agrégation naturelle de ses divers éléments. L'albumine de l'œuf, dit, avec raison, Michel Lévy (3), la fibrine séparée du sang par le battage, peuvent bien être identiques, pour le chimiste, avec la fibrine, avec l'albumine, qui concourent à la texture d'un muscle, et qui s'y trouvent incorporées par un travail de nutrition ; mais il n'en est pas de même pour l'économie vivante qui doit s'assimiler les substances à titre de nourriture : elle les réclame dans l'état d'association et d'élaboration spéciale qu'elles ont reçues au sein d'un autre organisme vivant ; c'est de la chair musculaire qu'elle veut, non les éléments représentatifs de ce tissu décomposé ; elle a besoin d'aliments, non de produits chimiques (*).

3° La réunion naturelle de *principes azotés* et de *principes non azotés*, dans des proportions déterminées, est indispensable à la constitution d'un véritable aliment.

La science et l'expérience journalière n'ont-elles pas appris qu'en effet ces deux sortes de principes sont associés dans les substances alimentaires fondamentales comme la viande, le pain, les œufs, le lait ? Indépendamment de l'albumine et de la fibrine, matières azotées, la chair des animaux contient de la graisse infiltrée dans le tissu celluleux intermusculaire ; la farine de froment ou le pain, renferme à la fois de l'amidon et du gluten, principe riche en azote ; le lait se compose essentiellement de caséine (4), matière azotée, de substances grasse et sucrée (beurre, lactose), etc. ; enfin l'œuf, qui est surtout constitué par de l'albumine, contient aussi une quantité notable de matière grasse et un principe sucré (lactose ou glycose).

Aussi, un *seul* de ces aliments *composés* peut-il nourrir. Ce résultat n'a rien d'ailleurs que de conforme aux données que nous avons déjà fait connaître, relativement au besoin qu'éprouvent les animaux de puiser, *dans leurs aliments*, de l'azote, du carbone et de l'hydrogène. Nous rappellerons donc seulement, en passant, que si les principes albuminoïdes ou azotés sont plus spécialement en rapport avec la rénovation des tissus, s'ils sont seuls transformables en sang et en chair, les matières grasses et les hydrates de carbone (principes non azotés), représentent surtout les matériaux de la chaleur animale et servent à la produire, en s'exhalant, du moins en partie, à l'état d'acide carbonique et de vapeur d'eau. En d'autres termes, si les aliments azotés fournissent à l'économie l'azote nécessaire à la réparation de ses tissus, ce sont principalement les aliments non azotés qui lui fournissent le carbone et l'hydrogène. De là, cette division des aliments en *aliments*

(1) *Économie rurale*, t. II, p. 274, 2e édit. Paris, 1851.
(2) *Nouvelles lettres sur la chimie*, p. 152. Paris, 1852.
(3) *Traité d'hygiène publique et privée*, 2e édit., t. II, p. 85. Paris, 1850.

(*) Ayant déjà formulé plus haut (p. 72 et 73) notre opinion sur la valeur nutritive de la gélatine, nous ne croyons pas devoir y revenir.

Aujourd'hui, d'ailleurs, cette question a perdu la plus grande partie de son intérêt. (Pour plus de détails, consultez surtout le savant rapport de P. BÉRARD, à l'Académie de médecine, dans le *Bulletin* de la séance du 22 juin 1850, t. XV, p. 367.)

(4) Et aussi d'albumine, d'après DOYÈRE. (*Annales de l'Institut agronomique*, 1re livraison, juin 1852.)

plastiques et en *aliments respiratoires*, division que nous avons déjà mentionnée et sur laquelle il n'est pas besoin de revenir.

Seulement, nous ferons observer que, parmi les principes non azotés, les matières grasses paraissent tenir le premier rang et qu'elles pourraient bien encore avoir d'autres usages que de servir d'aliment à la respiration, ou de remplir les vésicules du tissu adipeux. Partout où il s'accomplit quelque phénomène organique important, on rencontre de la matière grasse : chez les végétaux, elle existe principalement dans les graines autour des embryons ; les chrysalides en sont presque entièrement formées, et, dans l'œuf, aux dépens duquel l'oiseau se développe, Payen (1) en a trouvé jusqu'à 33 parties pour 100 ; enfin, comme chacun le sait, dans le lait, ce premier aliment si essentiel à l'homme et aux mammifères, la matière grasse existe en quantité notable sous le nom de beurre (2).

Ajoutons que, si l'on voit les hydrates de carbone (amidon et sucre), autres aliments respiratoires, faire défaut dans les aliments habituels aux carnivores, il n'en est jamais ainsi des principes gras qu'on retrouve aussi bien dans les plantes fourragères ou autres que dans la chair animale, de sorte que, carnassiers ou herbivores, font un usage constant de principes gras dans leur alimentation (3). Un animal, fût-il mort dans le dernier degré du marasme, conserve toujours quelques traces de matière grasse, infiltrant la substance de ses muscles, et ce ne doit être, d'ailleurs, que bien exceptionnellement qu'on voit des carnivores se nourrir d'une pareille chair. A l'aide d'une ébullition prolongée, on parvient à priver le tissu musculaire de matière grasse, et nous avons prouvé, plus haut, que la fibrine musculaire n'est plus alors suffisamment nutritive. C'est probablement, en partie, à cette privation de graisse et surtout à une autre altération résultant d'une température élevée, qu'est due la différence, connue depuis longtemps, au point de vue de l'alimentation, entre la viande bouillie et la viande rôtie.

Quoi qu'il en soit de l'importance du rôle des matières grasses ou sucrées et de leur utile concours dans la nutrition que nul ne s'aviserait de contester, toujours est-il, comme nous l'avons vu, que la vie ne saurait longtemps se soutenir uniquement à l'aide d'aliments gras ou sucrés. Il est évidemment une autre classe de matières dont l'animal ne peut absolument se passer : ce sont les matières azotées ou albuminoïdes.

De là, la pensée d'évaluer le *pouvoir nutritif* des aliments par la quantité d'azote qui entre dans leur composition. En émettant cette idée, qui l'a conduit à doser l'azote dans un assez grand nombre de plantes, Boussingault (4) rappelle d'abord que la qualité d'une farine augmente avec la quantité de gluten, que les haricots, les pois, les fèves, plus riches en principes azotés que les céréales, sont aussi bien autrement nourrissants, etc. ; puis, reconnaissant lui-même que toute la question n'est pas là et qu'elle est plus complexe, ce savant expérimen-

(1) *Traité des substances alimentaires*, p. 360. Paris, 1853. — C'est dans la substance supposée sèche de l'œuf de poule que PAYEN a trouvé cette quantité considérable de matière grasse.

(2) Au contraire, l'existence de la lactine ou *sucre de lait* est contestée dans le lait des animaux carnivores, qui, dit-on, contient une plus forte proportion de matières grasses que celui des herbivores.

(3) Et encore, nul doute que l'amidon et le sucre, si abondamment répandus dans la nourriture des herbivores, ne puissent eux-mêmes, chez des sujets d'ailleurs bien nourris, se transformer en *graisse*, sous l'influence vitale, en perdant une partie de leur oxygène.

(4) BOUSSINGAULT, *Économie rurale*, t. II, p. 263, 2e édit. Paris, 1851.

tateur ajoute : « Néanmoins, je suis loin de croire que les matières azotées sont seules suffisantes pour réaliser l'alimentation, mais il est de fait qu'un aliment végétal, fortement azoté, est généralement accompagné des autres éléments organiques et inorganiques, utiles ou indispensables à la nutrition. » Plus loin, Boussingault revient sur ces éléments qu'il appelle *auxiliaires indispensables* de l'aliment végétal, et il fait même remarquer que, de deux rations renfermant chacune précisément le même poids d'albumine ou de légumine (principes azotés), celle-là sera la plus nutritive qui contiendra une plus forte dose d'amidon, de sucre, de graisse, en un mot, une plus forte proportion d'aliments respiratoires ; que cette ration donnera plus de poids vivant, plus de chair, par la raison que, plus riche en éléments combustibles, il y aura moins de principes azotés assimilables, détruits par la respiration (1).

Il convenait de rappeler ces faits et ces restrictions, pour justifier Boussingault de quelques reproches d'exagération qu'évidemment il ne méritait pas.

Mais si, en effet, les précédents principes organiques sont des auxiliaires indispensables de l'alimentation, il importe aussi de savoir qu'il en est d'autres empruntés au règne minéral qui ne sont pas moins nécessaires à la constitution de l'aliment (chlorure de sodium, fer, phosphate de chaux, etc.) : aussi bien que les matériaux organiques eux-mêmes, ils sont destinés à la réparation des parties solides et liquides de l'organisme, car les humeurs ou les tissus contiennent aussi ces mêmes composés minéraux. (Voir plus haut, § V, p. 73 et suivantes, où cette question est expérimentalement traitée et résolue.)

Il faut donc, quand il s'agit d'apprécier la valeur nutritive d'une matière alimentaire, prendre en considération non-seulement les substances azotées ou plastiques qu'elle renferme, mais encore les substances non azotées (matière grasse, amidon, sucre, etc.) et divers éléments salins dont la présence influe essentiellement sur cette valeur.

Une autre circonstance, de laquelle il faut tenir compte, c'est la facilité plus ou moins grande avec laquelle la matière alimentaire est digérée ; car, tout en contenant les divers principes, azotés et autres, nécessaires à la nutrition, un aliment peut, si ces principes sont plus rebelles à l'action dissolvante des sucs digestifs, avoir par cela seul un pouvoir nutritif moindre qu'un autre aliment qu'on lui compare. Par exemple, tout azotées qu'elles sont, si les matières capables de donner de la gélatine sont moins nutritives que les matières albuminoïdes, peut-être la différence tient-elle seulement à une cause de cette nature.

Enfin, évidemment, le pouvoir nutritif d'une substance alimentaire dépendra aussi de la proportion des quatre espèces d'aliments simples (matières albuminoïdes, matières grasses, matières féculentes ou sucrées, diverses matières minérales) qui entrent dans sa composition ; il sera encore subordonné aux besoins actuels et spéciaux de l'économie.

Nous arrivons ainsi à la question que nous nous étions posée au commencement de ce paragraphe, celle de savoir quelles proportions des quatre sortes d'éléments nutritifs sont les plus favorables à l'accomplissement régulier de toutes les fonctions.

Dans les idées générales qu'il a émises sur l'alimentation, W. Prout fait

(1) BOUSSINGAULT, *ouv. cit.*, t. II, p. 271 et suiv.

observer que le lait, durant une certaine période, est la nourriture exclusive de l'homme et des mammifères, et qu'il suffit au développement de l'organisme. C'est ainsi que l'habile chimiste anglais a été amené à regarder le lait comme l'aliment type ou normal, et à établir que tout régime alimentaire doit participer plus ou moins de sa constitution; c'est-à-dire qu'indépendamment des phosphates, des chlorures et autres sels inorganiques, l'aliment doit réunir une substance azotée, un principe non azoté, un corps gras, pour équivaloir au caséum, au sucre, au beurre du lait. Or, si l'on voulait déterminer, à peu près, dans quelles proportions devraient se trouver les quatre précédents principes nutritifs dans un régime alimentaire destiné à remplacer immédiatement l'allaitement, on ne saurait mieux faire que de s'en rapporter à la constitution de la nourriture fournie à l'enfant par la nature elle même, c'est-à-dire à la constitution du lait de femme. Alors, suivant Lehmann (1), la proportion la plus favorable de ces principes, dans l'aliment nouveau, serait la suivante : matières plastiques, 10; matières grasses, 10; sucre, 20; sels inorganiques, 0,6.

Mais, d'après la remarque du même auteur, « en cherchant à déterminer les proportions les plus avantageuses des principes nutritifs, il ne faut pas s'imaginer que ces proportions doivent rester les mêmes dans toutes les circonstances; elles varient, au contraire, avec l'état de l'organisme. De même que les besoins de l'économie n'exigent pas toujours la même quantité absolue de nourriture, de même ils ne réclament pas non plus toujours les mêmes proportions des divers principes nutritifs. L'examen du lait prouve, en effet, que sa composition se modifie sans cesse avec la croissance de l'enfant : le rapport des principes offerts au nouveau-né est constant, mais il est tout différent du rapport des mêmes principes contenus dans le lait destiné au jeune animal qui respire depuis un certain temps avec ses poumons. D'une espèce à l'autre, ces rapports changent considérablement : bien qu'ils dépendent en partie aussi du régime alimentaire de la mère, ils n'en restent pas moins constants, dans une même espèce, lorsque le jeune animal se trouve dans les mêmes conditions. »

Nul doute que la prospérité de l'organisme ne dépende des proportions suivant lesquelles sont mélangés les divers principes alimentaires, et qu'une prédominance ou une diminution trop sensible des uns ou des autres n'entrave la marche régulière de la nutrition. Boussingault (2) a démontré que les betteraves ou les pommes de terre, administrées à discrétion, sont insuffisantes pour nourrir convenablement les vaches laitières : Il s'est assuré, à l'aide de consciencieuses analyses, que dans la nourriture reçue il y avait assez de sucre et d'amidon, assez de principes azotés, assez de substances salines, pour suffire à la production de la chaleur animale et pour réparer toutes les pertes occasionnées par les sécrétions, mais qu'il y avait une quantité fort insuffisante de principes gras; nouvelle preuve que, dans les aliments, les hydrates de carbone (amidon et sucre) ne sauraient entièrement remplacer les matières grasses. Les recherches du même auteur et celles de Letellier (3), établissent encore qu'une substance alimentaire, dût-elle être très riche en matières grasses, est néanmoins impropre à l'engraissement si elle ne renferme pas une proportion suffisante de matière nutritive azotée.

Malgré les déterminations assez nombreuses qui ont été faites du rapport existant

(1) *Ouv. cit.*, p. 376.
(2) *Mémoires de chimie agricole et de physiologie*, p. 63. Paris, 1854.
(3) *Mém. cit.* de BOUSSINGAULT, p. 105, 123 et suiv.

entre les principes plastiques et les principes non azotés, contenus dans différentes matières alimentaires, le problème que nous examinons, sur les proportions les plus avantageuses qui doivent exister entre les différents principes alimentaires, n'a évidemment reçu qu'une solution approximative ; et, pour nous servir du langage des chimistes, la science n'a pas encore indiqué avec exactitude le rapport qui doit exister entre l'aliment qui se consume et l'aliment qui devient de la chair ou de la graisse.

Nous allons voir qu'on est mieux fixé sur les quantités absolues d'aliments nécessaires à l'homme pour l'entretien de la vie, de la santé et du jeu régulier de toutes les fonctions.

VII. Il nous reste à déterminer la *quantité d'aliments* nécessaire surtout à l'homme et aussi leur *choix* le mieux approprié aux besoins de son organisme.

En envisageant la question de l'alimentation dans sa plus grande généralité, Boussingault (1) admet qu'un animal adulte, soumis à la ration d'entretien, ou un homme nourri avec une grande régularité, conserve le même poids moyen, et qu'il rend, dans les différents produits résultant de l'action vitale (fèces, urine, sueur, exhalation pulmonaire, etc.), une quantité de matière précisément égale à celle qu'il reçoit par les aliments. « Ainsi, dans cette conjoncture, dit-il (en dehors de l'accroissement et de l'engraissement), aucun des éléments n'est assimilé, si l'on entend par assimilation l'addition des principes introduits par la nourriture aux principes déjà existants dans le système. Mais, il y a évidemment assimilation, en ce sens que la matière élémentaire des aliments se fixe dans l'organisme, en s'y modifiant, pour se substituer à celle que les forces vitales expulsent journellement. »

Cela revient à dire que, dans l'état normal, la réparation se subordonne à la déperdition. Or, celle-ci étant modifiée par l'âge, le sexe, la constitution, la taille, les habitudes, la profession, la saison, le climat, par un grand nombre de circonstances physiologiques qui modifient la combustion elle-même, la réparation ou l'ingestion d'aliments doit varier à son tour; ce qui prouve que, sous le rapport des quantités, on ne saurait établir ici que des moyennes générales en ce qui concerne l'homme. Et, d'ailleurs, en supputant le poids total des matières rejetées, et le comparant au poids des substances ingérées, pour déterminer la quantité absolue de nourriture réclamée par l'organisme, est-on bien sûr que les besoins de la nutrition soient réellement et toujours proportionnés aux pertes observées?

Quoi qu'il en soit, nous admettons avec Lecanu (2) et Dumas (3), comme moyenne des pertes faites en vingt-quatre heures par les voies urinaires, 32 grammes d'urée = 15 grammes d'azote auxquels, avec Payen (4), nous ajouterons 5 autres grammes environ du même gaz, provenant des produits expulsés par les voies pulmonaires, cutanées et digestives : c'est donc par jour une perte totale à peu près de 20 grammes d'azote. Quant à la quantité de carbone exhalé journellement par la respiration (250 gr.), ou entraîné dans les déjections liquides et solides (60 gr.), le même auteur l'évalue à 310 grammes (5). Ainsi donc,

(1) *Annales de chimie et de physique*, 2e série, t. LXXI, p. 113. — *Économie rurale*, t. II, p. 256, 2e édit. Paris, 1851.

(2) *Mémoires de l'Académie de médecine*, Paris, 1840, t. VIII, p. 676.

(3) *Chimie physiol. et médicale*, p. 423. Paris, 1846.

(4) *Traité des substances alimentaires*, p. 345 et suiv. Paris, 1853.

(5) Au lieu de 300 grammes admis par DUMAS, *loc. cit.*

pour entretenir la vie et les forces d'un homme adonné aux travaux du corps, il faut que les aliments pris en vingt-quatre heures contiennent 310 grammes de carbone, plus 130 grammes de substance azotée renfermant 20 grammes d'azote. Or, pour ce qui concerne la détermination de la *ration normale* de l'homme, il est remarquable que la science, d'une part, l'expérience journalière, de l'autre, ont donné des solutions ou plutôt se sont rencontrées dans une seule et même solution que nous sommes fondés à regarder ici comme suffisamment approchée. En effet, Payen (1) propose comme ration normale *mixte* et propre à concilier les nécessités d'une bonne alimentation avec celles de l'économie :

			Substance azotée.	Carbone.
Pain.	1000 gram.	=	70 gram.	300 gram.
Viande.	286	=	60,26	31,46
	1286	=	130,26	331,46

et l'on sait que, depuis longtemps, la ration réglementaire du cavalier français est ainsi fixée : viande, 285 grammes ; pain de munition, 750 grammes, et pain blanc pour la soupe 316 grammes ; carottes et autres légumes, 200 grammes. Évidemment on ne pouvait souhaiter plus d'accord entre la théorie et la pratique.

Plus de détails sur cette question ne sauraient trouver ici leur place. Elle devra être reprise, plus tard, avec tous les développements que son haut intérêt comporte.

Quant au *choix* à faire des aliments les mieux appropriés à la constitution de l'homme, il suffit de considérer son système dentaire où figurent à la fois les molaires de l'herbivore et les canines du carnassier, son tube intestinal qui pour la longueur tient le milieu entre celui du mouton et celui du chien (2), enfin ses habitudes de tous les temps et de presque tous les lieux, pour reconnaître que la nourriture qui convient à l'homme, évidemment distincte de celle qui peut suffire soit aux herbivores soit aux carnassiers, doit être *mixte*. En d'autres termes, l'homme est omnivore. Sans doute, il peut vivre de tous les régimes, entretenir son existence à l'aide d'une nourriture exclusivement végétale ou exclusivement animale (ce qu'a d'ailleurs très bien expliqué la chimie organique en prouvant que les aliments végétaux sont réductibles, comme les aliments d'origine animale, en principes azotés et en principes non azotés, de sorte qu'entre ces deux classes d'aliments, il n'y a, au point de vue de la composition, que des différences de proportions) ; mais le régime qui lui convient le mieux est, sans contredit, celui dans lequel il peut associer l'*usage de la viande* à celui des végétaux, dans une proportion qui variera d'ailleurs suivant l'âge, le tempérament, le climat, la quantité de travail et d'efforts qui devra être produite.

« La force de travail, qu'un homme peut dépenser tous les jours, dit Liebig (3), peut se mesurer par la quantité des parties plastiques qu'il consomme dans le pain et la viande..... Aucun aliment, ajoute-t-il (*ouv. cit.*, p. 202), n'agit aussi rapi-

(1) *Loc. cit.*

(2) On se rappelle que la longueur totale des intestins varie d'après les rapports suivants, chez un carnassier, un omnivore et un herbivore : chien, trois fois la longueur de son corps ; homme, six fois ; mouton, vingt-huit fois.

(3) *Nouvelles lettres sur la chimie*, trad. de GERHARDT, p. 130. Paris, 1852.

dement que la viande elle-même pour reproduire de la chair, pour réparer, par une aussi faible dépense de force organique, la substance musculaire dépensée par le travail..... Les animaux carnivores sont en général plus forts, plus hardis, plus belliqueux, que les herbivores qui deviennent leur proie (*ouv. cit.*, p. 241). »

Il ne sera pas sans intérêt de citer quelques exemples qui démontrent, de la manière la plus péremptoire, la bonne influence qu'exerce sur les forces de l'homme un régime mixte ou de viande convenablement associée aux végétaux.

630 ouvriers, employés dans un établissement industriel du département du Tarn, furent pendant plusieurs années nourris surtout d'aliments végétaux, et l'on remarqua alors que la caisse de secours, ayant pour objet de fournir à l'ouvrier malade la moitié de son salaire habituel, était toujours en perte. M. Talabot, ayant introduit la viande de boucherie dans le régime alimentaire, l'état sanitaire des travailleurs s'améliora considérablement, à tel point que chacun d'eux qui, autrefois, perdait en moyenne, pour cause de fatigue ou de maladie, quinze jours de travail par an, n'en perdit plus que trois. La nourriture animale fit gagner douze journées de travail par homme.

Lorsque la compagnie adjudicataire du chemin de fer de Paris à Rouen chargea, en 1841, des ingénieurs anglais de l'établissement de la voie, un grand nombre d'ouvriers passèrent, à leur suite, d'Angleterre en France. Alors on put facilement remarquer combien, relativement aux ouvriers français, les Anglais étaient plus rapides dans leur travail. Ceux-là ne faisaient communément, dans un temps égal, que les deux tiers de l'ouvrage exécuté par les Anglais. A quoi tenait cette infériorité ? Les ingénieurs en saisirent la cause. Ils mirent les ouvriers français au régime alimentaire des ouvriers anglais, et, de ce moment, l'égalité s'établit sur tout l'ensemble du travail. Pour cela, il ne fallut que substituer l'usage du roastbeef ou bœuf rôti au bouilli, aux soupes et aux légumes dont se nourrissent presque exclusivement les ouvriers français.

Des capitalistes anglais établirent, en 1825, aux carrières de Charenton, près de Paris, une usine à fer d'après la méthode anglaise. Comme il fallait, dans certaines opérations, un déploiement de force que l'on ne pouvait obtenir des Français, on fit venir des ouvriers anglais. En cédant à cette nécessité, les directeurs de l'établissement pensèrent, avec raison, que la faiblesse des Français tenait à une alimentation incomplète; ils prirent, en conséquence, des mesures pour qu'ils pussent manger de la viande en aussi grande quantité que les ouvriers anglais, et, six mois après, ceux-ci retournaient chez eux, laissant des Français vigoureux pour les remplacer.

Dans l'État de Géorgie et la Louisiane, le nègre fait quatre repas par jour dont deux avec de la viande. Ce régime fortifiant développe une telle puissance de travail que les Antilles, où l'ouvrier noir est surtout nourri de végétaux, ne peuvent plus soutenir la concurrence de leurs voisins de l'Amérique du Nord, pour tous les produits qui exigent beaucoup de main-d'œuvre, comme le coton (1).

Le défaut de viande dans le régime porte une atteinte fâcheuse non-seulement aux activités physiques de l'homme, mais encore à ses facultés supérieures. C'est à propos d'un pareil régime que Haller (2) dit : « *Sæpè tentavi ob podagram.....*

(1) FLEURY, *Cours d'hygiène*, t. II, p. 125.
(2) *Elementa physiologiæ*, t. VI, p. 199. Bernæ, 1764.

semper sensi debilitatum universum corpus, ad labores, ad Venerem inertius. » Nul doute que, chez des populations entières qui ne font pas usage de viande, on ne constate moins de vigueur corporelle, mais aussi moins d'énergie morale. « Que de grands faits dans la vie des nations, auxquels les historiens assignent des causes diverses et complexes, et dont le secret est au foyer des familles ! Voyez l'Irlande, et voyez l'Inde ! L'Angleterre régnerait-elle paisiblement sur un peuple en détresse, si la pomme de terre, presque seule, n'aidait celui-ci à prolonger sa lamentable agonie ? Et par delà les mers, cent quarante millions d'Indous obéiraient ils à quelques milliers d'Anglais, s'ils se nourrissaient comme eux ? Les Brames, comme autrefois Pythagore, avaient voulu adoucir les mœurs; ils y ont réussi, mais en énervant les hommes. »

Ces dernières paroles, je les trouve dans un livre duquel aussi on peut dire qu'il est une bonne action, livre dû au noble cœur et à la plume savante d'un des plus éminents naturalistes-philosophes de notre siècle (1).

Pour ce qui concerne la question de l'*alimentation insuffisante*, nous renvoyons le Lecteur à ce que nous en avons dit précédemment (p. 24 et suiv.). Quant à l'intéressant problème de la *digestibilité des aliments*, il sera examiné seulement à propos de la digestion stomacale.

I. — PHÉNOMÈNES MÉCANIQUES DE LA DIGESTION.

Sous ce titre se rangent plusieurs opérations importantes qui viennent en aide à la digestion : quoique mécaniques, elles en préparent et favorisent le résultat essentiel, c'est-à-dire la dissolution et l'absorption des aliments. En effet, une fois saisis par l'animal, ces derniers, s'ils sont solides, doivent d'abord subir une action mécanique qui les divise, les atténue et les ramollisse pour les rendre plus propres à être attaqués par les liquides digestifs. Il faut ensuite que, traversant avec rapidité des conduits qui ne sont, pour ainsi dire, que des lieux de passage, ils pénètrent dans une sorte de réservoir où ils séjournent et sont agités, de manière à activer, par cette agitation même, la sécrétion du suc dissolvant propre à les pénétrer. Puis, progressivement engagés dans un long tube contractile, les aliments doivent y subir des modifications nouvelles de la part d'autres liquides, modifications que favorisent encore singulièrement les mouvements dont ce tube est le siége. Ce sont ces mêmes mouvements qui, après avoir servi à présenter les diverses parties de l'aliment aux sucs digestifs et aux divers points de la surface absorbante de l'intestin, vont aussi aider à l'expulsion du résidu non digéré.

La progression de l'aliment, dans toute l'étendue du canal digestif, et son expulsion partielle, exigent le concours d'instruments moteurs nombreux dont le jeu devra bientôt nous occuper. Nous verrons alors que, tandis que les uns obéissent au système nerveux cérébro-spinal, et, par conséquent, aux ordres de la volonté, les autres sont soumis au nerf grand sympathique et ainsi dérobés à toute influence volontaire.

(1) ISIDORE GEOFFROY SAINT-HILAIRE, *Lettres sur les substances alimentaires et particulièrement sur la viande de cheval*, 1 vol. Paris, 1856. Avec cette épigraphe :

« Il y a des millions de Français qui ne mangent pas de viande ; et, chaque mois, des millions de » kilogrammes de bonne viande sont livrés à l'industrie pour des usages secondaires, ou même jetés » à la voirie ! »

Pour concourir à l'accomplissement de l'acte digestif, il y a donc, d'après ce qui précède, des mouvements préparatoires, tels que ceux de *préhension*, de *mastication* et de *déglutition* des aliments ; des mouvements digestifs proprement dits, correspondants surtout à ceux de l'*estomac* et de l'*intestin grêle* ; enfin des mouvements d'éjection (*défécation* et parfois vomissement) qui, comme les mouvements préparatoires, réclament encore l'intervention de puissances musculaires autres que celles qui appartiennent en propre au tube digestif.

PRÉHENSION DES ALIMENTS.

La nature a varié, à l'infini, le mode de préhension de la nourriture chez les divers animaux.

Les Polypes, munis de bras ou tentacules, s'en servent pour saisir leurs aliments, et y parviennent soit par les courants qu'ils excitent dans l'eau avec les cils vibratiles de leurs bras, soit à l'aide d'organes préhensiles propres à diverses espèces. Certains Polypes rayonnés projettent au dehors leur poche stomacale, puis la font rentrer avec la proie qui y reste attachée. C'est entre les organes rotatoires que la bouche est située, chez les Rotifères, de manière que le tourbillon produit par ces organes aboutit directement à cette cavité ; on voit, en effet, l'animal avaler ou rejeter ensuite, à son gré, les corps solides entraînés par ce tourbillon. Dans les Annélides, la bouche est le plus souvent bordée de lèvres épaisses qui peuvent saisir les aliments quand ils sont solides et très divisés, ou bien contribuer à leur succion quand ils sont liquides ; d'autres fois, l'ouverture buccale est munie de cirrhes très érectiles ou de tentacules servant à la fois à la préhension des aliments et au toucher. Indépendamment de l'espèce de lèvre supérieure qui, dans les Hirudinées, peut se transformer en ventouse, à la volonté de l'animal, pour servir à la succion d'aliments liquides, et en particulier du sang, on remarque aussi, dans le court pharynx d'un certain nombre d'entre elles, des dents cornées qui leur servent à faire des blessures pour obtenir le sang avec plus de facilité. Les Mollusques gastéropodes n'ont pas d'autres organes de préhension que les lèvres. La bouche des Céphalophores, rarement munie d'organes spéciaux de préhension, est bordée de lèvres très contractiles qui, dans beaucoup d'espèces de pectinibranches, se prolongent en une trompe cylindrique. C'est aussi en une sorte de trompe que se modifient les lèvres des Crustacés suceurs. Dans la classe si intéressante des Insectes, nous trouvons, comme organes appropriés à la préhension des aliments, soit les pattes antérieures, soit encore les palpes labiaux et maxillaires : ces derniers peuvent même servir à l'ingestion des aliments dans la cavité orale. La lèvre inférieure parfois se transforme en une trompe ou tube de succion (Diptères), ou bien elle se change en deux gouttières accolées l'une à l'autre, comme on le voit chez les Hémiptères dont l'appareil de succion s'allonge en un rostre : dans les Lépidoptères, les mâchoires sont converties en deux demi-tubes susceptibles de s'enrouler en spirale et de former, en s'appliquant l'un contre l'autre, un organe de succion (*lingua spiralis*).

Dans beaucoup d'animaux de classes plus élevées, on voit la langue proprement dite servir à attirer et à saisir la nourriture. Quand le Caméléon voit un insecte à sa portée, il ouvre la gueule et lance rapidement sa langue, plus longue que son corps, puis le bout de celle-ci, humecté d'une humeur gluante, vient frapper comme l'éclair et engluer la mouche la plus alerte, avant qu'elle ait pu songer à

la fuite. La grenouille peut aussi, en renversant sa langue, la projeter hors de la bouche sur les insectes ou les petits vers dont elle veut s'emparer. Avec sa langue longue, grêle, extensible, armée à sa pointe d'épines recourbées en arrière, et constamment imbibée d'une salive gluante, le Pic prend les larves des insectes, sa principale nourriture. Une langue vermiforme et enduite également d'une salive visqueuse est dardée dans des sinuosités profondes, dans des trous de fourmis, par le Tamanoir, l'Oryctérope, le Pangolin et l'Échidné. Chacun a pu voir que, chez le Bœuf, la langue est aussi le principal instrument destiné à s'emparer des aliments : quand l'animal pâture, il entoure de sa langue une touffe d'herbe qu'il dirige vers l'entrée de la bouche, et, une fois saisie entre les incisives de la mâchoire inférieure et le bourrelet de la mâchoire opposée, cette touffe est arrachée de terre par un mouvement brusque, puis amenée sous les dents molaires.

Les lèvres, dans certains animaux supérieurs (le cheval et les autres solipèdes), jouent un rôle des plus importants dans la préhension de la nourriture. Si elles sont paralysées, par suite de la section des deux nerfs faciaux (7ᵉ paire), la langue et les mâchoires ont beau agir, ce n'est qu'avec une extrême difficulté que l'animal peut conserver dans sa bouche quelque peu d'avoine et l'avaler. C'est un fait qu'autrefois j'ai pu constater expérimentalement (1). On sait que la Girafe se sert surtout de la lèvre supérieure qu'elle allonge et recourbe considérablement, pour saisir les rameaux et les feuilles; le Rhinocéros est dans le même cas. Lorsque les lèvres sont courtes ou nulles, ce sont les dents qui pincent et ramassent les matières alimentaires.

C'est avec leurs mâchoires puissantes et armées de dents que souvent les quadrupèdes carnassiers saisissent leur proie qu'ils retiennent ensuite fixée au sol entre les griffes antérieures; comme font le Chat, le Tigre, le Lion, le Chien, etc., des chairs qu'ils veulent déchirer, ou des os qu'ils veulent ronger plus aisément.

Le bec est, en général, le principal organe qui, chez les Oiseaux, sert à la préhension des aliments; quelquefois aussi les pattes servent à cet usage. Sa forme varie suivant la nature des aliments : plus ceux-ci sont mous, moins le bec offre de consistance; au contraire, il acquiert une très grande dureté chez les Oiseaux qui se nourrissent de fruits à coques dures (Perroquets, etc.), et chez ceux qui déchirent leur proie (les Rapaces). Les bords tranchants de cet organe sont hérissés de dentelures latérales aiguës dans les Harles. Les Oiseaux de rivage ont, en général, un bec long et effilé propre à s'enfoncer dans la vase où ces animaux cherchent leur nourriture.

Les deux plus grands mammifères, l'Éléphant et la Baleine, offrent chacun un mode curieux de préhension des aliments : pour cueillir l'herbe et les feuilles dont il se nourrit, et pour pomper la boisson qu'il lance ensuite dans son gosier, l'Éléphant se sert de sa *trompe*, prolongement du nez, qui représente bien l'instrument le mieux approprié à cet usage. La Baleine attire une masse d'eau dans sa bouche, puis la fait sortir à travers les fanons qui pendent de sa mâchoire supérieure, tandis que ces productions cornées retiennent emprisonnés les petits animaux dont elle fait sa nourriture et qu'elle avale ensuite.

C'est au moyen du membre supérieur que l'homme porte ses aliments dans la bouche, ou qu'il les tient à la portée des dents. Les Singes et beaucoup de rongeurs en font autant. Le Castor ressemble aux Écureuils, aux Marmottes, etc.,

(1) LONGET. *Anat. et physiol. du système nerveux*, t. II, p. 431, Paris, 1842.

en ce sens qu'il s'asseoit sur ses pattes de derrière, afin d'employer celles de devant à la manière de bras.

Nous avons déjà parlé de la *préhension des liquides* chez les animaux inférieurs. Aussi ne mentionnerons-nous, à présent, que les divers modes de cette préhension qu'on observe surtout chez les animaux appartenant aux classes élevées de la série.

La *succion* est l'action d'attirer un fluide dans la bouche en faisant le vide dans cette cavité. C'est par ce procédé appliqué instinctivement que l'enfant ou les jeunes mammifères tirent le lait du sein de leurs mères. La bouche, dans ce cas, remplit l'office d'un corps de pompe aspirante, dont la langue représente le piston mobile. Mais, pour que le vide puisse se faire dans cette cavité, par le jeu d'un pareil piston, il est d'abord nécessaire qu'elle soit hermétiquement fermée en avant par les lèvres moulées sur le mamelon, qu'elle le soit également en arrière : aussi le voile du palais, s'appliquant à la base de la langue, doit-il empêcher toute communication entre la cavité de la bouche et celle du pharynx, ce qui, d'ailleurs évidemment, ne saurait entraver la respiration par le nez, durant la succion. C'est seulement au moment où la bouche est remplie de liquide, que la respiration par le nez se suspend pour permettre la déglutition. Puis le voile du palais reprend sa position relativement à la base de la langue, les lèvres se réappliquent convenablement, le vide s'opère de nouveau et la succion recommence.

C'est à l'aide du même mécanisme que le Furet suce le sang des Lapins qu'il a blessés de ses canines aiguës, que la Phyllostome suce le sang des gros animaux et de l'homme endormis, après avoir incisé la peau avec les papilles cornées dont sa langue est munie. D'après la remarque judicieuse de Dugès (1), à propos de la manière dont tous les mammifères nouveau-nés *tettent* le lait de leur mère, « on conçoit aisément que ce jeu de pompe puisse s'opérer aussi bien sous l'eau qu'à l'air libre, et que les jeunes Cétacés ne diffèrent point, par conséquent, des autres mammifères sous ce rapport..... La respiration, ajoute Dugès, n'a rien à faire dans ce mécanisme, et le plus simple essai prouvera à chacun qu'on peut sucer sans respirer et même durant l'expiration. » C'est évidemment dans la bouche et par la bouche seulement que le vide s'obtient.

Il faut se garder de confondre la succion avec l'aspiration, avec l'*action de humer* par la bouche, au moyen du vide opéré dans le thorax. Ici, le voile du palais ne ferme plus la bouche en arrière, le vide n'existe plus puisque l'air inspiré s'engage dans cette cavité et au delà avec le liquide ; de là, l'espèce de bruit ou de gargouillement qui se produit quand nos lèvres ne baignent pas entièrement dans le contenu du verre qui nous sert à boire, ou bien encore quand nous introduisons des boissons chaudes à l'aide d'une cuiller.

Mais, dans le cas où les lèvres, avec leurs commissures, plongent complétement dans le liquide, le mécanisme de l'introduction des boissons ne diffère plus de celui de la succion. C'est le cas le plus ordinaire d'un homme qui boit dans un verre, dans une tasse, ou même dans un ruisseau, pourvu que ses lèvres y soient bien immergées. Les Ruminants, les Solipèdes prennent habituellement leurs boissons de cette manière qui, pourtant, peut parfois alterner avec la précédente. Ainsi boivent également quelques Oiseaux, tels que les Pigeons, les Oiseaux de proie,

(1) *Traité de physiol. comp.*, t. II, p. 315 et suiv., Montpellier, 1838.

tandis que la plupart puisent l'eau dans leur bec inférieur comme dans une cuiller, et la font tomber dans le gosier en renversant la tête en arrière.

La trompe de l'Éléphant, plongée dans l'eau, agit à la manière d'une pompe aspirante et foulante : aussitôt que l'animal fait une inspiration, le vide tend à se former dans ce double tuyau qui se continue avec les fosses nasales, et l'eau s'y précipite ; puis, tout en recourbant cet organe tubuleux, l'animal exécute une forte expiration qui lance dans sa gorge le liquide aspiré.

Enfin, il est un mode de préhension des liquides qui s'observe chez les mammifères carnivores, certains rongeurs, etc. ; il consiste à *laper*, c'est-à-dire à boire en puisant l'eau avec la langue. L'animal qui lape plonge cet organe dans l'eau, puis l'en retire brusquement en le recourbant comme une cuiller, de manière à projeter le liquide dans sa bouche. Cette manière de boire étant la plus lente ne pouvait convenir qu'à des animaux qui, en général, boivent peu, sans doute parce qu'ils trouvent une quantité notable d'eau dans leurs aliments habituels.

MASTICATION.

Lorsque les aliments saisis par l'animal sont solides et résistants, ils commencent par subir, dans la bouche, une action mécanique qui les divise et les atténue pour les rendre plus propres à être attaqués par les liquides digestifs.

Toutefois, cette opération préparatoire, qu'on appelle *mastication* (1), ne s'observe pas dans la généralité des animaux : en effet, si ceux qui sont privés de dents avalent immédiatement la nourriture qu'ils ont pu saisir, il en est aussi beaucoup qui, même étant pourvus de tels instruments, les utilisent, non pas pour mâcher, mais seulement pour tuer leur proie, la retenir ou simplement l'écraser. Pour qu'il y ait véritable mastication, il faut que les mouvements de la mâchoire inférieure s'associent à ceux de la langue, des lèvres et des joues, qu'à diverses reprises les aliments solides soient ramenés sous les dents des deux mâchoires, qui les divisent, les broient ou les triturent, en même temps que la salive les ramollit et les convertit en une sorte de pâte. Ce genre de mastication, qu'on observe chez l'homme, se retrouve chez certains mammifères, surtout ceux qui vivent de végétaux dont les enveloppes, parfois assez dures, doivent être brisées pour mettre à nu la véritable matière alimentaire. La mastication est, au contraire, très incomplète et très bornée chez les quadrupèdes carnivores qui, après avoir saisi et dilacéré leur proie, la mâchent à peine avant de l'avaler.

La plupart des Insectes qui vivent d'aliments solides ne les mâchent aussi que très imparfaitement, laissant à leur estomac musculeux (comme font les oiseaux granivores) le soin d'achever cette opération ; chez ceux-là même dont les mâchoires seules concourent à la division des aliments, comme les Libellules, il y a plutôt écrasement que mastication proprement dite, et la position des mâchoires fait que l'acte s'accomplit plutôt au-devant qu'à l'intérieur de la cavité buccale. Un appareil de mastication fort remarquable se rencontre déjà, chez les Échinodermes, dans la bouche des clypéastrides et surtout dans celle des échinoïdes qui, sous ce

(1) L'estomac, chez divers animaux, est aussi quelquefois destiné à remplir le rôle d'*organe masticateur*, comme nous le verrons plus loin, en étudiant les mouvements de ce viscère.

rapport, se trouveraient placés assez haut dans l'échelle animale. L'orifice buccal, dans plusieurs espèces d'Helminthes, est garni d'un cercle de dents cornées. Il existe, chez les Rotifères, un appareil masticateur formé par deux petites mâchoires qui sont armées de plusieurs dents, et que des muscles spéciaux amènent à se rapprocher latéralement : dans quelques espèces, le pharynx, qui renferme l'appareil masticateur, peut le porter en avant et même le faire saillir hors de l'orifice buccal, de manière qu'alors les dents peuvent aussi, comme une pince, servir à la préhension des aliments. Dans le court pharynx d'un certain nombre d'Hirudinées, se voient des dents cornées qui leur servent à faire des blessures pour donner issue au sang dont elles se nourrissent; l'hœmopis, sangsue à mâchoires crénelées mais mousses, écrase au passage les vers qu'elle avale. L'absence d'organes de mastication, chez les Acéphales, s'explique par la manière de vivre propre à ces animaux : leurs aliments consistent en vase et en très petits corps organiques qui sont introduits en même temps que l'eau. Il en est de même de la plupart des Arachnides, qui se nourrissent aussi d'aliments liquides : mais chez les Pélops, les Oplophora, les Damœus, les Zetes, par exemple, et chez d'autres Oribates, qui, en leur qualité d'herbivores, occupent une place à part parmi les Arachnides, il existe des mâchoires cornées et dentelées bien réellement aptes à la mastication. Divers Crustacés, et spécialement le Homard, ont le bord inférieur de la mandibule tranchant et revêtu d'un biseau corné évidemment surajouté au têt comme une véritable dent ; au-dessus, est un enfoncement dans lequel se meut l'extrémité du palpe mandibulaire pour pousser les aliments où il en est besoin, et, plus haut encore, est un gros tubercule plat, uniquement propre à la trituration. Dans les Crustacés suceurs, tous les moyens de mastication tendent à disparaître pour faire place à une modification des lèvres, à leur prolongement en une sorte de trompe.

Les Poissons, en général très voraces, avalent, sans choix, tous les petits animaux qui se trouvent sur leur passage, et il est peu d'espèces qui soient surtout herbivores. Aussi sont-ils presque tous munis de dents qui, d'après leur mode d'insertion et leur direction, semblent plutôt en rapport avec la sûre saisie de la proie qu'avec une véritable mastication. Ces dents présentent d'ailleurs la plus grande diversité dans leur nombre, leur situation, leur forme et leur structure. On en rencontre, sur différents individus, qui sont soudées non-seulement aux deux mâchoires, mais encore aux os palatins, au vomer, au sphénoïde postérieur, à l'os hyoïde, aux os pharyngiens inférieurs et aux arcs branchiaux ; elles peuvent aussi se fixer sur le museau et sur la langue.

La plupart des Reptiles sont carnivores et avalent leurs aliments sans les mâcher. Ils ont une bouche largement fendue et généralement armée de dents qui, comme chez les poissons, servent plutôt à prendre et à retenir les aliments qu'à les diviser. Quelques-uns de ceux qui manquent de dents ont, comme les oiseaux, les mâchoires recouvertes de gaînes cornées (Chéloniens).

Quant aux Oiseaux, dont les uns sont carnassiers ou insectivores et les autres plus spécialement granivores, on sait que leur bec, à forme et à consistance variables suivant la nature des aliments, n'est jamais armé de véritables dents : de là une mastication orale fort incomplète, à peu près nulle, qui parfois est remplacée par l'action énergique d'un estomac très musculaire, le *gésier*.

A l'exception de l'échidné, des fourmiliers, des pangolins, etc., on trouve chez les autres Mammifères des appareils dentaires et masticateurs de formes et d'usages

très variés suivant le mode d'alimentation. Les trois espèces de dents, *incisives*, *canines* et *molaires*, qui existent chez l'homme, se rencontrent aussi dans beaucoup de Mammifères, mais toujours avec interruption dans la série qu'elles forment, comme cela s'observe surtout chez les Pachydermes et les Ruminants. On sait que, chez ces derniers, il n'y a pas de dents incisives à la mâchoire supérieure et que les canines manquent aux Ruminants à cornes. Les dents molaires étant les véritables dents de la mastication, ont une existence plus constante que celle des incisives ou des canines; aussi sont-elles les dernières à disparaître. Certaines dents sont susceptibles de prendre, dans diverses espèces, un très grand développement; alors, ne pouvant plus concourir à la mastication, elles constituent des défenses plus ou moins puissantes et redoutables.

Chez les Mammifères, le mode d'alimentation entraîne aussi de notables différences dans la conformation et les mouvements de la mâchoire inférieure, différences que nous allons avoir l'occasion de signaler en étudiant le mécanisme de la mastication.

Les mâchoires sont au nombre de deux et placées l'une au-dessous de l'autre chez tous les vertébrés. La mâchoire supérieure est soudée aux os du crâne, chez les Mammifères, et l'inférieure seule est mobile. Celle-ci a la forme d'un arc plus ou moins recourbé ; son bord supérieur reçoit les dents, sa partie postérieure ou branche montante se recourbe de bas en haut et se termine par deux apophyses, dont l'antérieure ou coronoïde donne insertion au muscle temporal, et dont la postérieure est articulaire : c'est le condyle de la mâchoire inférieure.

Les dimensions plus ou moins considérables de la branche montante de cette mâchoire, l'angle plus ou moins ouvert qu'elle forme avec le corps de l'os, sont des circonstances qui influent directement sur le mécanisme de la mastication.

C'est chez les Ruminants et les Solipèdes que cette branche présente le plus de longueur; elle est également très longue chez l'homme et les quadrumanes: plus courte chez les rongeurs, elle s'abaisse singulièrement chez les carnassiers, au point que l'articulation temporo-maxillaire est située sur le même plan que les dents. Ainsi, plus la mâchoire inférieure a de mobilité dans tous les sens, pour broyer et triturer les aliments, en un mot, plus la mastication est parfaite, comme chez les herbivores, plus aussi la branche montante offre de longueur; au contraire, chez les animaux qui ne peuvent que déchirer leur proie, le condyle s'abaisse au niveau de l'arcade dentaire.

Dugès attribue beaucoup d'importance à ce caractère anatomique qu'il considère comme des plus certains pour distinguer les herbivores des carnivores. Il fait remarquer que cette disposition a plus de valeur que le développement des canines et la saillie des crêtes craniennes. En effet, certains Singes qui se rapprochent singulièrement, sous ce dernier rapport, des carnassiers les plus féroces, s'en distinguent toujours par la hauteur de la branche montante de leur mâchoire inférieure.

L'apophyse coronoïde présente dans son volume, et dans ses rapports avec l[e] condyle et la dernière grosse molaire, des variétés qu'il importe de signaler. Che[z] les ruminants et les solipèdes, elle est plus rapprochée de l'articulation temporo[-] maxillaire que de la dernière molaire, en sorte qu'elle offre une disposition pe[u] favorable à la puissance de la mastication : la mâchoire inférieure forme, en effe[t,] un levier du troisième genre, ou inter-puissant, dans lequel la distance du condy[le] au sommet de l'apophyse coronoïde est le bras de la puissance, tandis que celui d[e]

la résistance est représenté par l'espace qui sépare ce même condyle de la dernière molaire. Les animaux dont il s'agit sont donc moins bien partagés pour la force que pour la variété des mouvements de mastication. Chez l'homme et les quadrumanes la branche montante a plus de développement, et l'apophyse coronoïde, en se rapprochant des dents molaires, donne ainsi plus d'avantage au muscle temporal. Les Carnivores, chez lesquels tout dans l'appareil masticateur semble disposé pour la force, ont l'apophyse coronoïde très proéminente pour fournir des insertions suffisantes au muscle temporal énormément développé. Cependant, au point de vue qui nous occupe, c'est-à-dire de la longueur du bras de levier sur lequel agit ce muscle, ces animaux sont défavorablement partagés; car l'apophyse coronoïde est généralement chez eux fort rapprochée de l'articulation condylienne. Il n'y a, suivant nous, qu'une explication possible à cette disposition, c'est la nécessité d'un grand écartement des mâchoires pour saisir plus facilement la proie. Si l'apophyse coronoïde eût été placée plus en avant, le muscle temporal aurait dû être formé de fibres très longues, moins nombreuses, et, par conséquent, douées d'une plus faible action. En outre, la brièveté du levier sur lequel agit ce muscle lui permet de donner aux mouvements de constriction des mâchoires cette vélocité qui était nécessaire à des animaux se servant de leurs dents, comme principal moyen de préhension, pour arrêter leur proie dans sa fuite.

Les animaux chez lesquels la puissance est le plus favorablement disposée pour rapprocher les mâchoires, sont les Rongeurs. Chez la plupart, la branche montante a une largeur considérable, qui éloigne d'autant plus l'apophyse coronoïde de l'articulation condylienne, et chez quelques-uns d'entre eux, tels que le castor, le cabiai, le porc-épic, etc., le sommet de cette apophyse se prolonge en avant de manière à dépasser le niveau de la dernière des molaires. Il en résulte que, lorsque les aliments à broyer sont placés entre ces dents, le levier que représente la mâchoire inférieure se trouve être du deuxième genre ou inter-résistant. Dans les circonstances ordinaires, c'est-à-dire dans l'action de couper des branches ou des racines, les rongeurs ont encore dans leurs dents incisives une puissance supérieure à celle de tous les autres animaux.

L'angle de la mâchoire inférieure présente, en général, plus ou moins d'ouverture suivant les proportions de la branche montante : presque droit, chez l'homme et chez tous les animaux dont la branche montante offre un grand développement, il devient très ouvert chez les carnivores, et disparaît complétement chez quelques cétacés.

Examinons actuellement les principales dispositions de l'*articulation temporo-maxillaire*, dispositions tellement caractéristiques qu'elles suffisent pour déterminer le genre et la nature des mouvements.

Les condyles sont allongés transversalement, demi-cylindriques, et regardent fortement en arrière chez les Carnassiers ; la cavité glénoïde est creuse, et relevée en avant et en arrière par deux éminences, qui sont quelquefois tellement prononcées, comme chez le putois, qu'elles emboîtent et retiennent le condyle, même après la section des parties molles. Il résulte de cette conformation, que la mâchoire inférieure ne peut se mouvoir que dans un seul sens, c'est-à-dire autour d'un axe transversal, passant par le centre même des condyles. Aussi la mastication proprement dite est-elle presque nulle chez ces animaux : après avoir saisi leur proie,

ils ne peuvent que la dilacérer, par de violents mouvements de tête, en la tenant fixée entre leurs pattes.

Les Rongeurs ont une forme de condyle tout opposée : son grand diamètre est dirigé d'avant en arrière, et la cavité glénoïde est creusée dans le même sens. Il est facile de voir qu'outre le mouvement d'abaissement de la mâchoire inférieure, il doit y en avoir aussi un dans le sens antéro-postérieur, de telle sorte que les incisives inférieures peuvent avancer et reculer alternativement sur les supérieures.

Les Ruminants diffèrent eux-mêmes des rongeurs et des carnassiers : leur condyle, peu développé et tourné directement en haut, est aplati et même légèrement concave ; tandis que du côté du temporal se voit, au lieu d'une cavité, une surface large et bombée, sur laquelle le maxillaire peut glisser librement, aussi bien sur les côtés qu'en avant. Dans ces animaux, l'écartement des mâchoires n'est plus que le mouvement accessoire ; les mouvements principaux se passent dans le sens horizontal comme ceux d'une meule de moulin.

Chez l'homme enfin, dont les mouvements de mastication sont plus variés et plus complexes que chez aucun animal, l'articulation temporo-maxillaire offre une disposition qui, sans être analogue à celle d'aucune espèce, emprunte à chacune quelqu'un de ses caractères principaux.

Ainsi le condyle n'est ni absolument transversal, ni antéro-postérieur, mais oblique, et dans une direction intermédiaire à celle des rongeurs et des carnassiers. Il n'est ni aussi renversé en arrière que chez ces animaux, ni aussi vertical que chez les ruminants. Quant à la cavité glénoïde, elle est dans tous les sens un peu plus large que le condyle, afin de permettre les mouvements de latéralité, ceux de protraction et de rétraction ; concave en arrière, comme dans les carnassiers, elle est convexe antérieurement, comme dans les herbivores.

Aussi l'homme peut-il écarter fortement les mâchoires comme les carnassiers ; faire mouvoir ses incisives d'avant en arrière les unes contre les autres à la manière des rongeurs, ou enfin triturer et broyer ses aliments comme les ruminants.

Il y a lieu de faire encore quelques remarques dignes d'intérêt sur certaines parties qui servent d'attache aux principaux muscles moteurs des mâchoires. L'arcade zygomatique, par exemple, est concave inférieurement, et convexe dans l'autre sens, chez tous les carnassiers ; et plus l'animal est carnivore, plus cette courbure augmente. Elle figure ainsi une espèce de voûte, qui fournit au muscle masséter une attache très solide. Elle présente aussi, dans le sens horizontal, une convexité proportionnelle au développement du muscle temporal. Au contraire, cette même arcade est courbée en bas chez tous les rongeurs, et assez souvent faible et grêle. Chez l'homme, elle est droite par son bord supérieur, légèrement concave inférieurement. Faible et courte chez les ruminants, elle est courbée en S. Enfin, n'est-ce pas une circonstance remarquable que l'état rudimentaire de l'arcade zygomatique, l'absence totale même de l'os malaire, coïncidant, chez les fourmiliers et les pangolins, avec l'absence des dents et de la mastication ?

Abordons maintenant l'examen des mouvements de la mâchoire inférieure chez l'homme. Ces mouvements sont ceux d'abaissement et d'élévation, de protraction et de rétraction, enfin ceux de diduction ou de latéralité.

On admet généralement que l'os maxillaire inférieur, en s'éloignant de la mâchoire supérieure, exécute plutôt un mouvement de rotation autour d'un axe

transversal, qu'il ne s'abaisse en réalité. Cet axe passe par le centre même des condyles chez les carnassiers, ainsi que nous l'avons déjà vu; mais on peut aisément constater qu'il en est autrement chez l'homme, car le condyle se déplace et se porte en avant dès que les mâchoires commencent à s'écarter. L'axe des mouvements doit donc se trouver au-dessous des condyles. On a établi assez arbitrairement que cet axe traversait les branches montantes de l'os maxillaire, à la hauteur du trou dentaire : mais je ferai observer qu'en même temps que le condyle est projeté en avant et qu'il abandonne la cavité glénoïde, il vient se mettre en rapport avec une surface convexe du temporal, qui le force à s'abaisser un peu; le ménisque interarticulaire, qui, dans cette nouvelle position, est interposé aux surfaces articulaires, augmente encore cet abaissement, malgré sa forme biconcave. En outre, on peut constater que, pendant l'écartement des mâchoires, le menton est graduellement porté en avant. Enfin, dans le plus grand écartement des mâchoires, les dents incisives ne présentent qu'une ouverture de 4 à 5 centimètres, tandis que les dernières molaires sont à près de 3 centimètres de distance. Cette dernière circonstance conduit nécessairement à admettre que le centre des mouvements est placé à une assez grande distance en arrière des dernières dents.

Il résulte de ce qui précède que l'os maxillaire inférieur subit, non pas un simple mouvement de bascule, mais un mouvement de totalité. Donc, s'il existe un axe ou centre de mouvement, cet axe ne peut être placé qu'en dehors de l'os lui-même. Nous sommes arrivé à la détermination de cet axe, de la manière suivante : la bouche étant largement ouverte, si l'on prolonge, en arrière, la ligne horizontale qui passe au niveau des dents de la mâchoire supérieure, et la ligne ascendante qui suit l'arcade dentaire inférieure, ces deux lignes vont se rencontrer en un point situé un peu au-dessous et en arrière du lobule de l'oreille, c'est-à-dire vers le sommet de l'apophyse mastoïde. C'est donc d'une apophyse mastoïde à l'autre que nous admettrons que passe l'axe transversal, autour duquel se meut la mâchoire inférieure. Hâtons-nous d'ajouter, toutefois, que nous ne croyons pas que ce déplacement s'exécute avec une précision mathématique.

Si l'abaissement de la mâchoire ne consistait qu'en un simple mouvement de rotation autour de ses condyles considérés comme pivot, on comprendrait que l'appareil musculaire destiné à ce mouvement fût très simple, cet os se trouvant avorisé dans son déplacement en bas par l'action de la pesanteur. Aussi chez les carnassiers, le muscle digastrique, le principal abaisseur, est-il peu développé et très court, étendu seulement de l'apophyse mastoïde à l'angle de la mâchoire. Chez l'homme, au contraire, non-seulement le digastrique est beaucoup plus long, doublement musculeux, inséré plus en avant à l'apophyse mentonnière, mais encore il n'est pas le seul muscle qui préside à l'écartement des mâchoires. La plupart des muscles sus-hyoïdiens, le peaucier lui-même, concourent à ce mouvement, dès que, par une cause quelconque, il devient nécessaire d'y mettre de la force. Enfin, les muscles ptérygoïdiens externes, étendus obliquement de dedans en dehors, d'avant en arrière, et un peu de bas en haut, de l'apophyse ptérygoïde au condyle, attirent ce condyle en avant, et un peu en bas, et concourent ainsi au double déplacement que nous avons signalé plus haut.

On a longuement discuté la question de savoir si la mâchoire supérieure, en entraînant avec elle la face et le crâne, concourait ou non à l'ouverture de la bouche. Monro, Winslow, Ferrein, Bordeu, ont fait à ce sujet des dissertations, qui peuvent paraître hors de propos, quand il est si facile de constater que, dans la mas-

tication normale, la tête n'exécute pas le moindre mouvement. Que si, par une cause exceptionnelle, la mâchoire inférieure se trouvait reposer sur un plan qui l'immobilisât momentanément, il est bien certain qu'alors la tête pourrait se mouvoir autour du condyle devenu fixe; mais il est encore aisé de reconnaître combien ce mode de mastication est fatigant, défectueux, et en dehors des conditions normales. Il n'y a donc point lieu d'en rechercher le mécanisme.

L'élévation de la mâchoire inférieure se fait par une succession de déplacements qui ramènent cet os à sa position normale, dans un ordre inverse de celui dans lequel ils s'étaient produits. Au moment où la constriction des mâchoires s'opère sur les substances à diviser, le condyle maxillaire se trouve en rapport (toujours par l'intermédiaire du ménisque), avec la surface convexe ou condylienne du temporal. Cette position n'est pas absolument fixe, et il serait possible de ramener le condyle en arrière, dans la cavité glénoïde; mais alors, soit que les muscles se trouvent moins favorablement placés, soit que le condyle manque d'un point d'appui suffisant, le resserrement des mâchoires devient douloureux, et perd beaucoup de sa force.

Les muscles élévateurs de la mâchoire sont nombreux et puissants. Déjà nous avons signalé les muscles temporaux dont le pouvoir effectif réside bien plus dans leur structure, c'est-à-dire le nombre considérable et la brièveté de leurs fibres, que dans leur mode d'insertion au maxillaire; cette insertion ayant lieu sur les animaux les mieux doués, dans un point très voisin du point d'appui et très éloigné de la résistance. Les muscles masséters agissent comme les temporaux sur un levier du troisième genre, et leur désavantage est d'autant plus prononcé que la mastication a lieu sur des dents plus antérieures. Mais la structure de ces muscles leur donne une force qui compense largement cette disposition. Quant aux muscles ptérygoïdiens internes, que l'on a coutume de ranger parmi les muscles élévateurs, ils concourent, en réalité, moins à l'élévation de la mâchoire inférieure qu'à ses mouvements de prépulsion et de diduction. Ce sont les muscles triturateurs par excellence; aussi, peu développés chez les carnassiers, sont-ils à leur maximum de développement chez les herbivores. Sous le rapport de la puissance des muscles élévateurs des mâchoires, l'homme possède un grand avantage sur la plupart des animaux, sans avoir besoin, comme certains d'entre eux, d'un appareil musculaire exceptionnel. Cet avantage résulte du peu de proéminence de l'arcade dentaire qui est presque demi-circulaire, en opposition avec sa forme anguleuse et plus ou moins allongée chez tous les animaux.

Les mouvements de latéralité ou de diduction diffèrent sensiblement chez l'homme de ce qu'ils sont chez les ruminants. En raison du croisement des dents antérieures et latérales et de l'emboîtement des mâchoires, ils ne peuvent avoir lieu qu'autant que la mâchoire inférieure est préalablement abaissée et portée en avant. Dans cette position, l'os maxillaire ne se déplace pas en totalité dans le sens latéral, mais il semble plutôt pivoter autour d'un axe vertical; en sorte que le condyle correspondant au côté vers lequel se porte le menton, se déprime et s'enfonce dans la cavité glénoïde, tandis que le condyle opposé devient plus superficiel et plus antérieur.

Les muscles ptérygoïdiens externes sont regardés comme les principaux agents de ces mouvements. Leur direction oblique, d'avant en arrière et de dedans en dehors, rend facilement compte de leur action : mais, selon nous, ces muscles ne se contractent jamais isolément, et s'adjoignent toujours les ptérygoïdiens internes, qui concourent ainsi à un même résultat, en agissant sur l'angle de la mâchoire,

comme les ptérygoïdiens externes agissent sur le condyle. Pour produire les déplacements latéraux, ces muscles se contractent alternativement d'un côté à l'autre, et ceux du côté droit doivent être considérés comme les antagonistes de ceux du côté opposé. Mais s'ils viennent à se contracter tous ensemble, ils deviennent alors congénères pour la production d'un autre mouvement, celui de prépulsion ou de protraction de la mâchoire inférieure, mouvement dont le type se rencontre, chez les rongeurs, ainsi que nous l'avons déjà signalé.

Les divers mouvements que nous venons d'analyser se succèdent régulièrement pendant toute la durée de la mastication. D'abord, se produisent l'abaissement et la prépulsion; puis, l'élévation, la diduction et la rétropulsion de la mâchoire. Les mouvements de latéralité s'exécutent pendant que les mâchoires sont encore écartées, et toujours du côté où s'opère la mastication : il est ordinaire que l'on se serve de préférence des molaires d'un seul côté, et il est assez rare que l'on utilise alternativement ou indifféremment les côtés droit et gauche, comme cela s'observe chez les ruminants et les solipèdes.

La langue, les lèvres et les joues, accomplissent pendant l'acte de la mastication une série de mouvements qui se combinent avec ceux des mâchoires, de manière à rendre la trituration plus complète et plus prompte. D'une part, les joues et les lèvres ramènent entre les arcades dentaires les portions du bol alimentaire qui ont été rejetées en dehors par la pression des mâchoires; tandis que, d'autre part, la langue repousse sous les dents les parcelles qui avaient été portées vers le centre de la cavité buccale.

La langue est douée d'une mobilité extrême, pour réunir toutes les parties éparses du bol alimentaire, pour les mélanger avec la salive, enfin pour en faire mouvoir les fragments les plus résistants, et pour les ramener entre les dents, successivement sous diverses faces. Nous n'avons pas à insister, quant à présent, sur les nombreuses variations de forme et de position que peut prendre l'organe dont il s'agit, parce que ces divers mouvements se lient d'une manière moins directe à la mastication qu'à d'autres actes importants, tels que la déglutition, l'articulation des sons, etc.

Nous terminerons par une remarque qui a trait à la manière dont les mouvements des mâchoires se combinent avec ceux des parois de la bouche. On peut constater en effet que les contractions des joues, aussi bien que les déplacements de la langue, ne se font pas indifféremment à tous les temps de la mastication : pendant que les mâchoires se resserrent et tant qu'elles pressent l'une sur l'autre pour opérer le broiement des aliments, la langue est dans l'inaction et les muscles buccinateurs sont relâchés; mais, dès que les mâchoires commencent à s'écarter, et jusqu'au moment où elles se rapprochent de nouveau, la langue et les joues entrent en activité, pour reconstituer le bol alimentaire et le soumettre de nouveau à l'action des dents.

Quand la division et l'insalivation des matières alimentaires sont suffisantes, il arrive un moment où il est presque impossible de continuer à les garder dans la bouche. Réunies en une masse homogène, elles sont portées vers l'isthme du gosier pour être avalées; à ce moment, commence une série d'actes très complexes dont l'étude va nous occuper.

DÉGLUTITION.

Chez les animaux supérieurs, les aliments, après avoir été plus ou moins divisés par les dents et imprégnés de salive, passent de la bouche dans l'estomac. Pour franchir l'espace qui sépare ces organes, ils doivent parcourir un canal musculo-membraneux constitué par l'arrière-bouche, le pharynx et l'œsophage. Ce canal, infléchi et d'inégal calibre, se trouve en rapport avec les voies aériennes en deux points : au niveau de l'orifice postérieur des fosses nasales et au niveau de l'orifice supérieur du larynx. Il faut, d'une part, que les aliments ou les boissons, tout en parcourant le canal pharyngo-œsophagien, ne s'introduisent pas dans les voies respiratoires ; d'autre part, comme la progression des aliments résulte d'abord de la contraction des plans musculeux du pharynx, il faut aussi qu'à l'aide d'un mécanisme important à connaître, la force qui tend à les pousser à la fois du côté de l'estomac et du côté de la bouche, rencontre un obstacle insurmontable à leur retour dans cette dernière cavité.

L'acte de la déglutition, dont l'accomplissement est très rapide, est donc un acte complexe, *difficillima particula physiologiæ* (1), exigeant l'intervention d'un grand nombre d'organes et nécessitant par cela même une analyse étendue. Aussi les physiologistes ont-ils cru devoir établir ici des divisions qu'ils ont subordonnées aux divers points du parcours du bol alimentaire. Ainsi, on peut admettre que, dans un premier temps, ce bol est conduit jusqu'à l'isthme du gosier ; que, dans un second, il parcourt le pharynx et le haut de l'œsophage ; que, dans un troisième enfin, il franchit le reste de l'œsophage jusqu'à l'estomac. Le second temps est le plus remarquable : il correspond à ce mouvement saccadé et rapide que nous ne sommes plus maîtres d'arrêter une fois qu'il est commencé, et qu'on sent avec le doigt posé sur le cartilage thyroïde, au moment où celui-ci est emporté en haut et en avant, pour revenir bientôt en place.

I. Pendant la mastication, nous l'avons dit, les parcelles d'aliments, d'abord disséminées dans les différents points de la cavité buccale, se réunissent bientôt pour former, par l'intervention de la salive, de la langue, des lèvres et des joues, ce qu'on nomme le bol alimentaire. La langue, en raison de la grande mobilité dont elle jouit, va chercher avec sa pointe ces parcelles d'aliments que les joues et les lèvres, en se contractant, repoussent vers le centre de la bouche. Ainsi constitué, le bol alimentaire doit cheminer d'avant en arrière jusqu'à l'isthme du gosier, et la langue va être encore l'agent principal de cette impulsion. Si l'on observe attentivement ce qui se passe alors, on reconnaît, la bouche ayant été préalablement fermée par le rapprochement des mâchoires et la contraction de l'orbiculaire des lèvres, que la langue s'élargit, qu'elle se relève sur ses bords et s'applique étroitement contre la voûte palatine, de manière que le bol alimentaire se trouve comprimé dans une sorte de canal limité en haut par la voûte du palais, en bas et sur les côtés par la langue. Celle-ci, continuant à presser d'avant en arrière contre la voûte palatine, repousse forcément le bol alimentaire vers l'isthme du gosier.

(1) HALLER, *Elementa physiologiæ*, t. IV, p. 63. Bernæ, 1764.

Le bol, arrivé au niveau du bord postérieur de la voûte palatine et cheminant toujours vers l'orifice supérieur du pharynx, soulèverait le voile du palais, si ce dernier ne lui offrait un plan résistant : ce voile membraneux est, en effet, solidement tendu dans la place qu'il occupe, et c'est par la contraction des muscles péristaphylins externes et des muscles des piliers que s'opère cette tension.

II. Quand le bol alimentaire est parvenu à l'isthme du gosier, son contact avec la muqueuse de l'arrière-bouche détermine, par suite d'une action dite *réflexe*, une série de contractions musculaires qui ont pour résultat de faire saisir l'aliment par le pharynx et de lui faire parcourir avec une extrême rapidité toute l'étendue de ce canal. Il est alors facile de voir que le larynx subit un mouvement d'ascension suivi bientôt du retour de l'organe à sa position primitive ; mouvement, comme nous le disions plus haut, qui peut se constater avec le doigt posé sur le cartilage thyroïde. Le larynx s'élève par la contraction des muscles sus et sous-hyoïdiens, et comme le pharynx s'insère par ses muscles constricteurs sur les cartilages laryngiens et sur l'os hyoïde, le pharynx est obligé de suivre l'ascension du larynx lui-même. Il est à peine besoin de rappeler que les muscles sus-hyoïdiens prenant leur point fixe sur la mâchoire inférieure, celle-ci doit être d'abord élevée et fixée pour que le second temps de la déglutition puisse s'accomplir : il est impossible d'avaler la bouche ouverte. L'ascension du pharynx doit être aussi la conséquence de la contraction de certains muscles extrinsèques de cet organe, notamment des stylo-pharyngiens et des staphylo-pharyngiens.

On voit donc que le pharynx va au-devant du bol alimentaire qui se trouve ainsi pris dans une espèce de sphincter formé par le voile du palais et l'isthme du gosier. Or, le pharynx entourant ce sphincter d'un demi-anneau essentiellement contractile (le muscle constricteur supérieur), celui-ci embrasse étroitement le voile du palais, le saisit en même temps que le bol alimentaire et les comprime tous les deux ; puis, comme la base de la langue s'oppose à tout reflux vers la bouche, forcément le bol alimentaire s'engage dans le pharynx. Ce canal étant d'ailleurs constitué par des plans musculeux superposés (les trois muscles constricteurs) qui se contractent simultanément, le bol est chassé de haut en bas jusque dans la partie supérieure de l'œsophage.

En progressant ainsi depuis l'isthme du gosier jusqu'au commencement de l'œsophage, les aliments ont dû éviter l'ouverture postérieure des *fosses nasales* et l'orifice supérieur du *larynx*. Il s'agit donc maintenant de rechercher par quel mécanisme est prévenue leur introduction dans l'une ou l'autre de ces parties des voies aériennes.

1° Le mécanisme même du passage des aliments dans le pharynx, tel que nous venons de l'exposer, explique comment ceux-ci ne pénètrent pas dans les fosses nasales. Par cela même, en effet, qu'au second temps de la déglutition le muscle constricteur supérieur embrasse et presse le voile du palais, on conçoit qu'il y ait obstacle au reflux de l'aliment dans les arrière-narines. Toutefois il faut en même temps que ce voile membraneux soit énergiquement tendu par ses muscles propres ; car on sait que sa paralysie peut entraîner le reflux dont il s'agit. Il existe encore, au niveau de l'isthme du gosier, une autre disposition à laquelle Gerdy (1) et Dzondi (2)

(1) *Bulletin universel*, janvier 1830.
(2) *Die functionen des weichen Gaumens*. Halle, 1831.

ont attaché une grande importance. D'après ces deux observateurs, les piliers postérieurs du voile du palais, c'est-à-dire les muscles pharyngo-staphylins, en se contractant, se rapprochent l'un de l'autre et forment alors, suivant la comparaison de Gerdy, un sphincter oblique divisant le pharynx en une portion supérieure ou nasale et en une portion inférieure ou buccale : ce sphincter s'opposerait aussi, pour sa part, à ce que le bol alimentaire pût s'échapper par la partie supérieure du pharynx. Il est d'ailleurs facile de constater, sur soi-même, ce rapprochement des piliers postérieurs du voile du palais, en examinant dans une glace le fond de la bouche, pendant que l'on essaie de faire un effort pour avaler. Ces piliers contribueraient donc ainsi à la formation du plancher musculo-membraneux sous lequel glisse l'aliment pour descendre dans le pharynx.

Il y a loin du mécanisme précédent à celui que Bichat (1) a exposé. Ce physiologiste admettait que le voile du palais subit un mouvement d'élévation qui le fait s'appliquer sur l'ouverture postérieure des fosses nasales, de manière à occlure cet orifice. Il faut dire, pour être exact, que le voile du palais s'élève en effet un peu, mais pas assez, à coup sûr, pour produire l'occlusion dont il s'agit. Si, à l'exemple de Debrou (2), on introduit un stylet de trousse sur le plancher de l'une des fosses nasales, horizontalement jusqu'au pharynx où on le sent s'appuyer, et qu'on essaie d'avaler un liquide ou un aliment solide introduit dans la bouche, on perçoit un léger choc de la face supérieure du voile contre le bout du stylet qui est dans le pharynx ; en même temps, on voit et l'on suit de l'œil un mouvement du bout extérieur de l'instrument qui s'abaisse de quelques millimètres par un mouvement brusque. En tenant le stylet avec deux doigts, tout près de la narine, l'instrument ne bascule plus en bas par son bout extérieur, mais on en sent plus distinctement le choc au fond du pharynx.

Le voile du palais, après avoir été élevé, subit, d'après Debrou, un mouvement en sens inverse, c'est-à-dire qu'il est abaissé : aussi ce physiologiste a-t-il cru devoir décomposer le second temps de la déglutition en deux temps secondaires. Dans le premier, la base de la langue s'élève, l'isthme s'ouvre, le voile s'élargit et se tend ; l'os hyoïde, le larynx, le pharynx sont élevés, et la ceinture supérieure du pharynx embrasse le bord postérieur du voile, qui est devenu presque horizontal : le premier moment est accompli, et le bol, poussé par la base de la langue, a franchi les piliers antérieurs de l'isthme qui s'est ouvert pour le laisser passer. « Alors commence, suivant Debrou, le second moment, pendant lequel le voile s'abaisse, l'isthme se resserre, la langue reste élevée avec le larynx et le pharynx : le voile étant descendu, lui et les piliers postérieurs s'emparent du bol, le serrent, le pressent, et aidés des constricteurs, des stylo-pharyngiens, le poussent par delà le larynx dans l'œsophage. Puis la déglutition pharyngienne est accomplie, tout se relâche et revient au repos. »

2° L'introduction des aliments solides et des liquides, dans la trachée et les voies pulmonaires, est empêchée par plusieurs agents sur la détermination et le mécanisme desquels les physiologistes ne sont pas tout à fait d'accord. J'ai cherché ussi, autrefois (3), à résoudre divers points de cet intéressant problème, en

(1) *Anatomie descriptive*, t. II, p. 60.
(2) Thèses de Paris, 31 août 1841.
(3) LONGET, *Recherches expérimentales sur les fonctions de l'épiglotte et sur les agents de*

examinant le rôle que peuvent jouer, dans la déglutition, l'épiglotte, la glotte, la muqueuse sus-glottique, etc.

Et d'abord, *l'épiglotte joue-t-elle réellement un rôle dans la déglutition?* De tout temps, parmi les organes nombreux qui constituent l'admirable appareil de la déglutition, avait figuré l'épiglotte que l'on s'accordait à regarder comme destinée à fermer l'accès du larynx aux aliments solides ou aux boissons, lors de leur passage de la bouche dans le pharynx. Néanmoins, jusqu'en 1813, aucun physiologiste que je sache n'avait excisé ce fibro-cartilage, chez les animaux, afin de constater quel trouble fonctionnel en résulterait : à cette époque fut pratiquée l'excision de l'épiglotte, et dans le mémoire auquel je fais allusion (1), il est dit qu'il n'en résulte aucune gène pour la déglutition. Avant de déposséder cette partie de l'usage qui lui était si généralement assigné, j'ai voulu, à mon tour, m'enquérir de ce point de physiologie expérimentale, en contrôlant d'ailleurs mes résultats par les faits pathologiques (2).

A. L'excision complète de l'épiglotte, chez six chiens, m'a démontré que si, en effet, les aliments solides passent facilement sans cet opercule, *il n'en est plus de même des liquides, dont la déglutition est constamment suivie d'une toux convulsive.* Cette différence, qui avait échappé à l'auteur des précédentes expériences, m'a paru s'expliquer comme il suit : les solides, aidés dans leur glissement sur la base de la langue par le mucus qui la lubrifie, ne laissent sur elle aucune trace de leur passage; au contraire, les gouttes de liquide qui s'écoulent, après l'accomplissement de la déglutition, le long du plan incliné de la base de cet organe, tombent nécessairement, en l'absence de l'épiglotte, dans le vestibule sus-glottique d'où elles sont expulsées par une toux violente. A l'état normal, l'épiglotte, une fois redressée, remplit donc ici l'office d'une digue qui, pour prévenir cette chute fâcheuse, dirige les liquides dans les deux rigoles latérales du larynx.

Du reste, on conçoit facilement qu'un pareil usage ne réclame point l'intégrité de l'épiglotte, et que les résultats contradictoires, en pathologie et en physiologie expérimentale, puissent dépendre de la destruction ou de l'excision plus ou moins entière de ce fibro-cartilage : c'est, en effet, ce que j'ai reconnu en l'enlevant incomplétement sur deux autres chiens. J'ai vu néanmoins un des six auxquels, depuis deux jours, j'avais excisé l'épiglotte en totalité, déglutir les liquides le plus souvent sans tousser; je le sacrifiai, et l'autopsie fit découvrir un gonflement de la base de la langue qui proéminait sur l'ouverture laryngée supérieure, en la laissant, toutefois, libre en haut et en arrière : ce gonflement pathologique remplaçait donc momentanément l'épiglotte et prévenait la chute des liquides dans la cavité sus-glottique. Ce fait intéressant m'engagea à entretenir vivants les cinq autres chiens jusqu'à parfaite guérison : trois ayant été sacrifiés au dix-neuvième jour, un quatrième le fut au trentième jour, et, chez tous, on constata l'ablation bien entière de l'épiglotte. Quant au dernier, je le conservai pendant près de cinq mois, et, durant ce long laps de temps, toutes les fois qu'il but du lait ou de l'eau, chez lui,

l'occlusion de la glotte dans la déglutition, le vomissement et la rumination. Mémoire inséré dans les *Archives générales de médecine*, 1841.

(1) MAGENDIE, *Mémoire sur l'usage de l'épiglotte dans la déglutition*, 1813.

(2) *Mém. cit.*

comme cela avait eu lieu pour les autres, la toux ne manqua jamais de suivre la déglutition de ces liquides.

B. Bientôt, en rassemblant des observations pathologiques relatives à l'homme, je parvins à y trouver la confirmation de ce que les vivisections m'avaient révélé. En effet, une gène plus ou moins considérable dans la déglutition des liquides, et parfois même une fin funeste, ont été observées chez des individus offrant des lésions variées de l'épiglotte. Mercklin (1) et Bonnet (2) citent des personnes qui, ayant eu cet opercule détruit par une maladie, n'avaient pu, le reste de leur vie, avaler qu'avec difficulté et quelquefois même avec danger de suffoquer : « *Potus, et omnia quæ cochleari exhibentur*, tracheam intrant... malum hoc incu- » rabile habetur. Contingit quoque solida facilè, *liquida vix deglutiri*... etc. » (Bonnet, *op. cit*) Dans sa clinique chirurgicale, Pelletan (3) rapporte, en ces termes, un cas de lésion de l'épiglotte : « La déglutition *des liquides* continua d'être impossible ; la boisson passait dans la trachée-artère et produisait toutes les angoisses de la suffocation. » Percy a eu l'occasion de voir un militaire qui, ayant eu ce fibro-cartilage enlevé par une balle, éprouva, pendant les cinq mois qu'il survécut à cette blessure, des accès de toux et de suffocation toutes les fois qu'il avalait des liquides. Larrey (4) a été témoin, en Égypte, de blessures dont furent atteints le général Murat et un soldat de la 32^e demi-brigade d'infanterie, lesquelles eurent pour résultat, chez les deux blessés, la section et l'expulsion de l'épiglotte. Chez le premier, la balle traversa de part en part le grand diamètre du cou, d'un angle de la mâchoire à l'autre : ce projectile, en même temps qu'il échancra en partie la base de la langue, coupa la partie flottante du cartilage épiglottique qui fut expectoré, après quelques efforts et quelques menaces de suffocation ; on fut obligé d'avoir recours à la sonde œsophagienne, tant la déglutition, *surtout celle des liquides*, offrait de difficulté (5). Chez le second blessé, les résultats furent plus graves encore que chez le général Murat, car l'épiglotte avait été détachée en totalité par le projectile ; ce qui fut facile à vérifier, puisque, expectorée immédiatement après l'accident, elle avait été présentée par le blessé au chirurgien « Cette blessure, dit Larrey, laissant par conséquent tout à fait à découvert la cavité du larynx, ne put permettre à ce militaire, tourmenté par la soif que lui causaient les chaleurs très fortes de la saison et l'irritation de la plaie, *d'avaler aucun liquide, sans entrer aussitôt dans une toux convulsive et suffocante* : les mêmes phénomènes se renouvelaient constamment à chaque tentative. » Larrey ajoute que, même après la cicatrisation opérée, cette difficulté particulière de déglutition existait toujours. Reichel (6) cite, à l'exemple de Sachse, Rudolphi, etc. des observations pathologiques confirmatives de nos assertions. Louis (7) mentionne plusieurs cas intéressants d'ulcérations limitées à l'épiglotte, « dans lesquels, dit il, la déglutition était gênée, et les boissons revenaient par le nez, quoique le pharynx et les amygdales fussent dans l'état naturel. » Au contraire, selon

(1) *De ventositate spinâ*, p. 273.
(2) *Sepulchretum*, t. II, p. 31, obs. VI.
(3) Tome I, p. 20.
(4) *Cliniq. chirurg.*, t. II, p. 142 et suiv.
(5) Voir aussi les *Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences*, dans lesquels Larrey rappelle certaines circonstances remarquables de ces deux observations.
(6) *De usu epiglottidis*. Berolini, 1816.
(7) *Recherches anatomico-pathologiques sur la phthisie*, 1825, p. 244.

le même observateur, dans le cas d'ulcérations au larynx seulement et même aux cordes vocales, on n'observe, avec l'altération de la voix, ni la sortie des liquides par le nez, ni la gêne de la déglutition, tant que l'épiglotte et le pharynx restent dans l'état naturel. Cette dernière remarque, corroborée par nos propres expériences qui seront rapportées plus loin, prouvera que l'occlusion immédiate de la glotte n'est point, comme on l'a avancé, indispensable à la régularité de la déglutition; qu'elle n'est pas le moyen principal qui empêche les aliments et les liquides de tomber dans la trachée; et qu'enfin il y a erreur, dans les cas où le cartilage épiglottique et la glotte sont envahis par le mal, à rapporter, avec quelques auteurs, les accès de toux et de suffocation, quand les malades avalent, non à la lésion de ce fibro-cartilage, mais bien à celle des lèvres de la glotte.

Il nous paraît inutile de multiplier ces citations qui, alliées aux expériences, suffisent pour démontrer que l'épiglotte remplit un rôle important dans la déglutition spéciale des liquides.

Examinons maintenant l'*occlusion de la glotte*, ses véritables agents et son degré d'importance dans la déglutition.

Les deux Albinus (1) me paraissent être les premiers qui aient parlé de l'occlusion de la glotte dans le second temps de la déglutition. Mais Haller (2) l'a indiquée d'une manière encore plus positive : « Ostendi, *dit-il*, tamen necessario fieri, dùm » levatur pharynx, ut unà glottis claudatur, ne guttulæ forte aliquæ, sulcum qui » est ad utrumque latus aditùs laryngis perlabentes, in fistulam spiritalem dis- » tillent, faciantque tussim. » Dans ses Institutions physiologiques, G. Ludwig (3) insiste beaucoup aussi sur l'occlusion de la glotte comme moyen de protection des voies aériennes. Enfin, Magendie (4), à son tour, a reproduit l'opinion de ces physiologistes.

A. Mais, d'abord, quels sont les véritables agents qui ferment la glotte dans le second temps de la déglutition? Son occlusion, comme l'affirme le dernier de ces expérimentateurs, ne peut-elle dépendre alors que de la contraction des muscles intrinsèques du larynx, et ceux-ci n'agissant plus, la glotte reste-t-elle béante, quand bien même l'animal exécute des mouvements de déglutition (5)? Ludwig (6) est-il dans le vrai, en avançant que cette ouverture, lors de ces mouvements, est close par la contraction du muscle aryténoïdien?

Nos expériences, en répondant à ces questions, ont mis au jour un fait digne d'intérêt, et dont jusqu'alors l'existence n'avait pas été soupçonnée par les physiologistes.

Au second temps de la déglutition, malgré la paralysie de tous les muscles intrinsèques du larynx, l'occlusion de la glotte continue à s'effectuer par l'action des muscles palato-pharyngiens, et principalement des constricteurs inférieurs du pharynx; de là cette conséquence nouvelle et remarquable : *Les mouvements de la*

(1) Albinus (Sigfridius), *Historia musculorum*, 1734, t. III, c. 58, p. 236 et seq. — Albinus (Fridericus), *De deglutitione*, 1740, in *Disput. anatom. Halleri.*

(2) *Element. physiol.*, 1777, t. VI, p. 87.

(3) *Instit. physiol.*, § 470. Colon. Allobrog., 1785.

(4) *Mémoire sur l'usage de l'épiglotte dans la déglutition*, 1813, p. 3.

(5) *Ib.*, p. 4 et 6.

(6) *Loc. cit.*

glotte qui accompagnent la déglutition (*) *sont soumis à d'autres agents musculaires que ceux qui meuvent le même orifice durant la production des phénomènes vocaux et respiratoires.*

Pour n'abolir que l'action des neuf muscles qui appartiennent en propre au larynx, je reséquai, sur quatre moutons et sur six chiens, les deux nerfs récurrents ; et, des nerfs laryngés supérieurs, je n'excisai que les rameaux internes et les filets des muscles crico-thyroïdiens, en laissant intacts ceux des muscles constricteurs pharyngiens inférieurs. Alors la trachée fut largement ouverte, immédiatement au-dessous du cartilage cricoïde, ce qui me permit de constater, à chaque mouvement de déglutition, l'occlusion *complète* de la glotte. Cette occlusion fut également observée, pendant chaque nausée ou vomissement, sur des chiens dans les veines desquels j'avais injecté une solution de 0gr,20 d'émétique. Enfin, chez un mouton, dans un mouvement accidentel de rumination (1), je vis la glotte se fermer hermétiquement, lors du passage de l'aliment du pharynx dans la bouche ; et, quand l'animal avala de nouveau, la glotte se ferma derechef.

En recherchant à l'aide de quel mécanisme avait lieu cette occlusion, évidemment indépendante des muscles intrinsèques du larynx qui tous avaient été d'avance paralysés, je constatai qu'elle n'était point due au mode même d'installation ni aux mouvements de bascule des pièces du larynx les unes sur les autres, ces sortes de mouvements étant impossibles à cause de la paralysie des muscles crico-thyroïdiens et de l'ablation préalable des deux muscles thyro-hyoïdiens : mais je démontrai, comme je l'ai dit plus haut, que cette occlusion dépendait surtout de l'influence persistante des constricteurs pharyngiens inférieurs qui, embrassant les lames divergentes du cartilage thyroïde, pliaient fortement, à chaque mouvement de déglutition, ces lames l'une sur l'autre, en rapprochant les lèvres de la glotte et en pressant les muscles extérieurs à cette ouverture (2). Néanmoins, parce que dans le chien, dont les constricteurs du pharynx sont plus imbriqués que dans l'homme, il y a des fibres des constricteurs moyens qui s'insèrent aux bords postérieurs du cartilage thyroïde, et que, chez l'un et l'autre, les palato-pharyngiens offrent cette même insertion, il en résulte que ces derniers muscles concourent aussi au mouvement particulier de la glotte dans la déglutition. D'ailleurs, ce qui prouve alors leur intervention, c'est le léger mouvement qu'on observe encore dans cette ouverture (dont les muscles propres sont paralysés), même après la division des constricteurs pharyngiens inférieurs opérée de manière à ménager la muqueuse sous-jacente.

Mais, tout en admettant le mode d'occlusion que je viens de signaler, on aurait pu craindre qu'il fût trop imparfait et insuffisant pour résister dans l'acte de la déglutition, surtout de celle des liquides. A cela je répondrai tout à l'heure, par des expériences qui démontreront en même temps combien est important le rôle que joue, dans cet acte, *la sensibilité de la muqueuse* qui revêt la partie sus-glottique du larynx.

C'est pour n'avoir pas tenu compte de cette sensibilité, pourtant si nécessaire à

(*) Il faut ajouter le *vomissement* et la *rumination*. (Voir notre *Mém. cit.*)

(1) Le plus souvent cette fonction, quoique commencée, se supprime brusquement sous l'influence d'une assez légère impression ; aussi ai-je vainement attendu pour observer de nouveau, sur trois autres moutons, le curieux phénomène qu'un de ces animaux m'avait accidentellement offert. Depuis 1841, époque de la publication du Mémoire dans lequel je consignai mes premières recherches à ce sujet, j'ai pu répéter plusieurs fois la même observation sur ces ruminants.

(2) Crico-aryténoïdiens latéraux et thyro-aryténoïdiens.

la régularité de la déglutition, que Magendie (1) voyant un chien auquel il avait coupé les récurrents, boire et manger avec facilité, tandis qu'un autre chien, après la seule section des laryngés supérieurs, éprouvait dans la déglutition une gêne manifestée par de la toux, a avancé à tort (en accordant une grande importance à l'occlusion de la glotte) que ces expériences démontraient « que les constricteurs de cette ouverture (2) étaient soumis à l'action des laryngés supérieurs, et non à celle des récurrents. » Or, dans un autre travail (3) nous avons prouvé expérimentalement que, dans les mouvements vocaux et respiratoires de la glotte, les nerfs récurrents président à la fois au resserrement et à la dilatation de cet orifice, et que si les laryngés supérieurs président à la tension des cordes vocales par les filets des muscles crico-thyroïdiens, ils influencent *exclusivement* la sensibilité du vestibule sus-glottique, à l'aide de leurs rameaux appelés *laryngés internes*.

Néanmoins les résultats obtenus sur ces deux chiens sont exacts, et nous-même les avons observés ; seulement une fausse interprétation leur a été donnée :

En effet : 1° Nous étant borné à diviser, sur des animaux de cette même espèce, les rameaux laryngés internes, c'est-à-dire à paralyser la sensibilité de la partie sus-glottique du larynx, nous avons vu se produire des effets analogues à ceux indiqués plus haut et qui succèdent à la section de la totalité des nerfs laryngés supérieurs (4) ; et pourtant, dans ces cas, tous les agents musculaires constricteurs de la glotte étaient ménagés. L'explication de cette expérience suivra l'exposé des deux suivantes (5). 2° Si l'on coupe, sur un chien ou sur un mouton, les deux nerfs récurrents et les filets des muscles crico-thyroïdiens, de manière à paralyser tous les muscles intrinsèques du larynx et à laisser intacts les rameaux laryngés internes, on ne voit rien passer dans la trachée, en faisant boire l'animal avec les précautions convenables, et la glotte se ferme à chaque mouvement de déglutition ; seulement, si par surprise quelques gouttes de liquide arrivent dans le vestibule sus-laryngien, la toux les rejette au dehors : quant aux aliments solides, ils sont déglutis avec la plus entière liberté. 3° Sur un de ces animaux (chien ou mouton), excise-t-on, *de plus*, les rameaux *sensitifs* dont il s'agit (*R. laryngés internes*), quoique l'occlusion de la glotte continue, comme dans le cas précédent, on aperçoit parfois quelques gouttes tomber dans la trachée-artère ; car l'animal n'étant plus averti à temps de la présence du liquide qui a pu accidentellement parvenir dans la cavité sus-laryngienne, l'occlusion de la glotte est quelquefois trop tardive et n'arrive qu'après le passage de ce dernier ; ou bien encore l'animal, au lieu d'exécuter alors une expiration brusque, fait mal à propos une inspiration qui facilite l'introduction du corps étranger dans les voies aériennes, et la toux ne survient plus que quand celui-ci est déjà en contact avec la muqueuse de la trachée ou des bronches.

(1) *Mémoire cité sur l'épiglotte*, p. 4 et 5.

(2) Magendie ne fait allusion ici qu'aux muscles crico-thyroïdiens et aryténoïdien.

(3) LONGET, *Recherches expérimentales sur les fonctions des nerfs et des muscles du larynx, sur le rôle du nerf spinal ou accessoire de Willis dans la phonation* (*Gazette médicale de Paris*, année 1841).

(4) Toutefois, si, après cette section entière, les effets sont un peu plus marqués qu'après la section des seuls laryngés internes, cela tient sans doute à ce que la première diminue un peu la force contractile du muscle constricteur pharyngien inférieur, en supprimant les filets que lui envoyait le laryngé supérieur (R. externe) ; mais, la différence ne consisterait pas seulement dans une légère nuance, si ce muscle n'était encore puissamment animé par le récurrent, le rameau pharyngien du spinal, et même le glosso-pharyngien déjà anastomosé avec des nerfs moteurs.

(5) Pour vérifier les résultats de ces deux expériences, pratiquez une large ouverture à la trachée immédiatement au-dessous du cartilage cricoïde.

Ces expériences prouvent que la sensibilité de la partie supérieure du larynx agit ici comme régulatrice des mouvements de constriction de la glotte, parfois comme moyen incitateur des mouvements brusques d'expiration, et qu'ainsi elle protége efficacement les voies respiratoires. Elle figure, en quelque sorte, une sentinelle dont le rôle est d'avertir l'animal qu'actuellement sur l'ouverture laryngée supérieure glisse un corps étranger ; et qu'alors une inspiration serait dangereuse, ou bien que, par surprise, un corps autre que de l'air s'est introduit dans la cavité sus-glottique, et qu'afin de l'en chasser, une toux fortement expulsive est nécessaire.

Mais notre expérience n° 2, maintes fois reproduite, démontre surtout qu'après la paralysie de tous les muscles intrinsèques du larynx (1), le mode particulier d'occlusion de la glotte que nous avons fait connaître est suffisant pour résister dans l'acte de la déglutition, et qu'avec cette paralysie la glotte est loin de rester béante, comme on le supposait.

B. Arrivons maintenant à déterminer expérimentalement quel est, au second temps de la déglutition, le degré d'importance de l'occlusion de la glotte.

Selon Magendie (2), « la raison *principale* pour laquelle les aliments ne tombent point dans la trachée-artère, c'est que la glotte se ferme avec la plus grande exactitude. » Le rapprochement immédiat des lèvres de cette ouverture a paru aussi d'une haute importance à Maissiat (3) dans la nouvelle et ingénieuse théorie qu'il a proposée sur le mécanisme de la déglutition, afin, dit-il « qu'il se fasse ventouse dans le pharynx et que la glotte ne laisse pas venir de l'air de la trachée. »

Voici ce que nos expériences nous ont appris à ce sujet : sur deux moutons et sur deux chiens, après avoir fait une perte de substance assez considérable à la trachée-artère, nous introduisîmes les deux branches d'une pince à disséquer entre les lèvres de la *glotte*, et malgré l'écartement de celles-ci, des aliments solides enfoncés assez avant, furent facilement déglutis sans jamais tomber dans cette ouverture ; il en fut de même des liquides versés dans la bouche des animaux.

Si ces résultats ne contredisent point d'une manière formelle l'interprétation de la déglutition que donne Maissiat, par cette raison que la base de la langue et l'épiglotte, portées sur l'orifice laryngé supérieur, suppléeraient peut-être à la condition qu'il exige pour le vide pharyngien, il n'en est pas de même de l'assertion de Magendie. Déjà P. Bérard l'a combattue, sinon par l'expérimentation, du moins par des réflexions extrêmement judicieuses et pleinement confirmées par nos recherches. « Nous nions formellement, dit-il, que la régularité de la déglutition soit due à l'état de contraction de la glotte. Il faudrait, pour qu'il en fût ainsi, que cette ouverture occupât l'extrémité supérieure du larynx ; or, elle est située au-dessous de sa partie moyenne, et surmontée d'une cavité dans laquelle les aliments ne descendent certainement pas lorsqu'ils ont franchi l'isthme du gosier. La contraction de la glotte pendant la déglutition n'en est pas moins u

(1) Pour reconnaître si ces muscles eux-mêmes concourent, en quelque chose, à l'occlusion de la glotte qui accompagne le second temps de la déglutition, il m'aurait fallu faire une contre-épreuve dans le but d'annuler l'action des muscles constricteurs pharyngiens, palato-pharyngiens, etc. : o pour cela, il aurait fallu diviser le rameau pharyngien du spinal, le glosso-pharyngien, le rameau laryngé externe qui, *avec les récurrents*, anime le constricteur inférieur du pharynx. Mais qui voit qu'en coupant les récurrents, je paralysais aussi du même coup tous les muscles intrinsèques du larynx, hormis les crico-thyroïdiens ? J'ai donc dû, surtout pour cette dernière raison, abandonner un pareil dessein.

(2) *Mém. cit.*, p. 7.

(3) Thèse inaugurale de Paris, 1838, n° 22.

phénomène important à constater; c'est par là que la nature met obstacle à l'entrée des aliments ou des liquides dans la *trachée*, lorsque par accident ils se sont introduits dans *la cavité du larynx* ; c'est alors aussi que l'on éprouve cette toux convulsive accompagnée d'une expiration brusque qui entraîne le corps étranger (1). »

Plusieurs causes, à notre sens, préviennent donc l'introduction des aliments solides ou liquides dans les voies aériennes : 1° le mouvement ascensionnel du larynx en avant, combiné avec celui de la langue en arrière, dont la base s'applique en partie sur l'orifice laryngé supérieur; 2° l'épiglotte qui, placée entre celui-ci et la base de la langue, suit le mouvement qu'elle lui imprime (2), et pour ainsi dire se moule sur l'ouverture supérieure du larynx; 3° l'occlusion de la glotte; 4° enfin l'exquise sensibilité de la muqueuse qui revêt l'espace sus-glottique, sensibilité qui, à la vérité, donne lieu à une résistance d'une autre nature que celle opposée par les causes précédentes.

Mais, ces diverses conditions protectrices ont-elles la même importance? Leur concours est-il indispensable à la déglutition, ou bien, en l'absence de quelques-unes d'entre elles, celle-ci est-elle encore possible? La suppression de telle condition qui laisse complétement libre la déglutition des solides, permet-elle encore entièrement celle des liquides?

Plus haut, ces problèmes ont déjà reçu en partie leur solution : ainsi nous avons vu que, si les aliments solides passent facilement sans épiglotte, il n'en est pas de même des liquides; que l'occlusion de la glotte n'est point indispensable à la régularité de la déglutition; qu'au contraire la sensibilité sus-glottique est nécessaire pour prévenir certains accidents possibles de la déglutition, tels que la chute de corps étrangers dans les voies respiratoires, chute définitive que l'animal ne saurait plus prévenir par l'occlusion de la glotte, si d'abord il n'était averti de leur introduction dans le vestibule sus-glottidien.

Il me reste donc seulement à déterminer l'importance relative de cette cause protectrice qui consiste dans l'ascension du larynx en avant, associée au déplacement de la base de la langue en arrière.

En réfléchissant aux moyens que je pourrais mettre en usage pour abolir des mouvements si complexes, auxquels concourent des muscles si nombreux, je ne tardai pas à reconnaître qu'il me faudrait diviser non-seulement les nerfs hypoglosses, le nerf masticateur (racine motrice du trifacial), mais encore les filets du facial qui se rendent aux muscles styliens et au ventre postérieur du muscle digastrique, le rameau pharyngien du spinal, qui anime surtout les constricteurs

(1) Additions aux *Éléments de physiologie* de RICHERAND, 10e édit., t. 1, p. 232.

(2) Le renversement de cet opercule en arrière a été successivement attribué par Galien à l'action mécanique du bol alimentaire, par Albinus, au déplacement de la base de la langue, et par Magendie au refoulement en arrière qu'éprouve le paquet graisseux qui recouvre l'épiglotte, lorsque le cartilage thyroïde élevé s'engage derrière le corps de l'os hyoïde. Des expériences directes sur les animaux vivants m'ont fait reconnaître que la véritable cause de ce renversement de l'épiglotte réside dans l'élévation du larynx en avant et le mouvement de la base de la langue en arrière, mouvement que je pus observer avec assez de facilité sur le mouton, après avoir fendu les joues jusqu'aux masséters, ou d'autres fois après avoir pratiqué une ouverture assez large à l'une des parois latérales du pharynx.

« Lingua, (dit Albinus), dùm postica faucium urget, *retrorsùm inclinat epiglottidem* : mox » celeritate magnâ larynx attollitur contrà linguam, eique validè apprimitur ; quo fit, ut non modo » glottis supponatur inclinatæ epiglottidi, sed etiam ut ipsa epiglottis, a linguâ summoque laryngis » intercepta, pressaque, integat laryngis summum, totamque operiat glottidem. » — ALBINUS (Sigfridius), *Histor. musculorum*, 1734, p. 239.

pharyngiens, supérieur et moyen, et enfin les quatre nerfs laryngés qui envoient des filets aux constricteurs inférieurs du pharynx. Dès lors, je dus renoncer à une entreprise aussi difficile, tout en admirant les précautions multiples prises par la nature pour obvier, à l'aide de ce premier moyen, à l'un des plus graves accidents de la déglutition, au passage des aliments dans les voies aériennes. Toutefois je pus m'opposer en partie à l'ascension du larynx, en le retenant fortement en bas, et gêner les mouvements de la base de la langue, en maintenant au dehors l'extrémité antérieure de cet organe avec un lien qui le traversait : dans ces conditions, la déglutition d'un bol alimentaire très humide et placé à l'isthme du gosier fut extrêmement difficile et suivie d'une toux assez vive, mais plus marquée encore chez les animaux privés d'épiglotte.

Une dernière remarque confirmative de l'expérience dans laquelle nous avons démontré que le défaut de contact des lèvres de la glotte n'était point un obstacle à l'accomplissement du second temps de la déglutition, est fondée sur l'ossification qui, avec l'âge, envahit le cartilage thyroïde : puisqu'en effet nous avons vu, dans nos expériences sur la déglutition, la glotte se fermer, d'une manière complète, à l'aide des muscles constricteurs pharyngiens inférieurs et palato-pharyngiens, on comprend que l'action de ces muscles ne doit s'exercer librement que sur un larynx cartilagineux et qu'elle ne peut que difficilement opérer un changement dans le rapport des deux lames d'un cartilage thyroïde ossifié ; et pourtant le rapprochement moins immédiat des bords de la glotte, chez le vieillard, ne paraît point occasionner une moindre précision dans le second temps de la déglutition. Tous ces faits nous semblent donc militer contre la doctrine qui considère l'occlusion de cette ouverture comme « la *principale* raison pour laquelle les aliments ne tombent point dans la trachée-artère. » Je dois rappeler encore, comme opposées à cette assertion, les observations de Louis (*Mém. cité*, p. 245) qui prouvent que « dans le cas d'ulcérations au larynx seulement, et même aux cordes vocales, on n'observe ni la sortie des liquides par le nez, ni la gêne de la déglutition, tant que l'épiglotte et le pharynx restent dans l'état naturel. »

Concluons donc que la *sensibilité exquise de la muqueuse* qui tapisse l'espace sus-glottidien, l'*ascension du larynx* en avant combinée avec le *déplacement de la base de la langue en arrière*, sont bien réellement des conditions essentielles de protection pour les voies respiratoires ; que l'épiglotte est une autre condition indispensable qui les protége contre la chute des liquides dans leur intérieur ; qu'au contraire l'occlusion de la glotte n'est point nécessaire à la régularité de la déglutition, puisque sur les animaux, l'écartement des lèvres de cette ouverture à l'aide d'une pince, ou chez l'homme, leurs ulcérations profondes, n'empêchent point cet acte de s'accomplir normalement.

Ajoutons, toutefois, que la glotte fermée est une dernière barrière, que la nature a opposée au passage des solides et des liquides dans la trachée, quand déjà, par surprise, ils se sont introduits dans l'espace sus-glottidien.

Jusqu'ici nous n'avons fait intervenir, dans l'accomplissement de la déglutition que la seule influence des mouvements divers opérés par le pharynx, l'arrière-bouche, le larynx, etc. Nous avons trouvé dans la disposition que présentent ces organes, dans leurs nouveaux rapports, une explication suffisante des phénomènes accomplis. N'omettons pas, toutefois, de rappeler qu'au point de vue de l'inner-

vation, ces phénomènes font partie, dans ce qu'ils ont d'essentiel, de ceux qu'on appelle *réflexes*. Chacun a pu éprouver tout ce qu'exige d'attention la résistance qu'on oppose à la déglutition d'un bol alimentaire qui a séjourné longtemps dans la bouche, et qui a été soumis à une suffisante mastication ; souvent alors la déglutition, phénomène réflexe, s'accomplit malgré nous et au moment où nous nous y attendons le moins. Si l'on opère volontairement l'acte de la déglutition plusieurs fois de suite, et qu'on n'avale que de la salive, bientôt cet acte ne peut plus être répété immédiatement. En effet, tout phénomène réflexe a besoin pour se produire d'un stimulus agissant d'abord sur les nerfs sensitifs ; et la salive agit comme tel dans le premier, le second et le troisième mouvement de déglutition : mais, dans un quatrième mouvement, promptement essayé, le stimulus manque, et tous les efforts de la volonté sont impuissants à accomplir l'acte de la déglutition, jusqu'à ce que la salive soit de nouveau sécrétée.

La déglutition a été expliquée par Maissiat (1) à l'aide d'une théorie bien différente de celle que nous adoptons : d'après ce physiologiste, la cause de l'introduction des aliments dans l'intérieur du tube digestif, jusqu'à une certaine profondeur, serait due au mouvement qui porte l'os hyoïde et le larynx en haut et en avant ; la déglutition serait la *conséquence physique* de ce mouvement qui détermine l'ampliation du pharynx. Au moment où cette ampliation a lieu : « Supposons, dit Maissiat, que le larynx soit exactement fermé, afin que l'air de la trachée ne puisse venir satisfaire au vide ; supposons encore que le bol alimentaire soit déjà parvenu à une extrémité de la cavité pharyngienne, séparé qu'il est de la portion de cette cavité située derrière le larynx où il se fait ampliation, par une cloison mobile, et ayant de l'autre côté l'atmosphère qui le presse. Au moment de l'ampliation qui amène le vide derrière le larynx, le bol y sera précipité par l'atmosphère, la cloison mobile ayant dû céder. Ce serait là le second temps de la déglutition, celui de la saccade involontaire. »

J'ai déjà examiné incidemment la théorie de Maissiat, en parlant de l'occlusion de la glotte dans la déglutition (voy. plus haut, p. 110), et j'ai cité plusieurs de mes expériences qui ne lui sont pas favorables. J'ajouterai ici une autre objection faite à cette théorie par Debrou (2) : après avoir mis une certaine quantité d'eau dans la bouche et avoir dressé la langue comme pour la fin du premier temps de la déglutition, en disposant le bol liquide devant l'isthme, si l'on pince le nez au niveau des narines et qu'on exécute alors un effort pour avaler, le liquide passe très bien. On peut même faire cette expérience d'une façon plus concluante encore : le bol étant déposé sur la langue, on accomplit une forte expiration qui chasse le plus d'air possible de la poitrine, puis, avant la fin de l'effort on saisit les narines, et, néanmoins, on avale avec la plus grande facilité. Dans cette dernière expérience, la pression atmosphérique est supprimée, ou du moins la petite quantité d'air qui reste dans les fosses nasales est insuffisante, en raison de sa faible tension, pour précipiter le bol alimentaire dans l'œsophage. Le mécanisme de la déglutition, tel qu'il a été exposé par Maissiat, ne paraît donc pas admissible.

III. Après avoir franchi le pharynx et avoir été poussé dans l'œsophage, le bol alimentaire parcourt ce dernier conduit dans toute sa longueur, jusqu'à l'estomac.

(1) Thèse citée.
(2) Thèse citée, p. 17.

Les agents de cette progression sont les plans musculaires de l'œsophage, au nombre de deux l'un, externe, à fibres longitudinales ; l'autre, interne, à fibres circulaires. Les premières, en se contractant, diminuent la longueur de l'œsophage, et portent ainsi au-devant du bol alimentaire les portions inférieures du conduit ; les secondes rétrécissent le calibre de ce dernier, compriment les aliments et les poussent devant elles, de haut en bas. D'après les expériences de Magendie (1), les parties solides ne marchent qu'avec lenteur : elles mettent quelquefois deux à trois minutes avant d'arriver dans l'estomac. Dans quelques circonstances, on voit même le bol être entraîné par un mouvement antipéristaltique qui le reporte du côté du pharynx, puis il redescend bientôt vers l'estomac. Quand il est très volumineux, sa progression lente peut s'accompagner d'une douleur vive qui est due au tiraillement des filets nerveux entourant la partie thoracique de l'œsophage ; parfois même on le sent s'arrêter, et l'on est obligé de boire pour le faire descendre. Lors du passage des aliments dans l'œsophage, la muqueuse, à cause de sa laxité, glisse sur le plan musculaire sous-jacent, et, au moment où ils arrivent dans l'estomac, on voit, sur le chien par exemple, la muqueuse œsophagienne se renverser et faire saillie à l'intérieur de ce viscère. Hallé (2) a pu constater directement ce même fait sur une malade qui portait une fistule stomacale.

Enfin, au moment où ils passent de la portion thoracique de l'œsophage dans sa portion abdominale, les aliments sont obligés de franchir l'orifice œsophagien du diaphragme qui entoure d'un anneau musculaire l'œsophage lui-même. Or, comme on admet que cet anneau se resserre pendant l'inspiration et qu'il se relâche pendant l'expiration, on a supposé que chacun de ces deux actes pouvait avoir un effet opposé sur la progression du bol alimentaire : l'expiration la faciliterait, tandis que l'inspiration devrait la retarder momentanément.

Comme complément utile de ce chapitre, le lecteur trouvera, dans le tome deuxième de cet ouvrage, tous les détails qui se rapportent à l'*influence du système nerveux* sur les organes de la déglutition (*).

Rôle de la salive et du mucus dans la mastication et la déglutition.

Lorsque des aliments secs et plus ou moins consistants sont introduits dans la bouche, il faut, pour qu'ils deviennent plus faciles à broyer et plus accessibles aux principaux sucs digestifs, que d'abord ils s'imprègnent d'humidité et se ramollissent, de manière à former une sorte de pâte qui puisse glisser de la bouche dans l'estomac. C'est la *salive* qui aide ainsi à la formation du bol alimentaire ; c'est surtout le *mucus* qui, le lubrifiant à sa surface, en facilite la déglutition.

Suivant Cl. Bernard (3), qui a examiné séparément la salive fournie par les principales glandes de la bouche, on doit admettre trois appareils salivaires (**) :

(1) *Précis de physiol.*, 4e édit. Paris, 1836, t. II, p. 69.
(2) *Physiol.* de RICHERAND, 10e édit., t. I, p. 235.

(*) Voir spécialement *N. Glosso-pharyngien*, *N. pneumogastrique*, et notre chapitre sur le *pouvoir et les mouvements réflexes*.

(3) *Mém. sur le rôle de la salive dans les phénomènes de la déglutition*, dans *Arch. génér. de méd.*, 4e série, t. XIII, 1847.— *Rech. d'anat. et de physiol. comp. sur les glandes salivaires chez l'homme et les animaux vertébrés*, dans *Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences de Paris*, 16 février 1852.

(**) DUVERNOY admet, chez les Mammifères, deux groupes de glandes salivaires : l'un, *antérieur*, comprenant les sous-maxillaires et les sublinguales qui versent leur salive sur le plancher inférieur

un pour la *mastication*, un autre pour la *déglutition*, et un troisième pour la *gustation*. Malgré le déversement et le mélange des différentes salives dans la bouche, leurs usages n'en resteraient pas moins distincts, et chacune d'elles remplirait son rôle spécial dans l'acte complexe de l'insalivation : ainsi, tandis que la salive fournie par les parotides et les glandules labiales et molaires, en raison de sa grande fluidité, serait en rapport avec la mastication, avec l'imbibition de l'aliment au moment où il est divisé par les dents, la salive des glandes sublinguales et des glandules buccales, à raison de sa viscosité, serait propre à réunir les parcelles alimentaires sous forme de bol, qu'elle rendrait plus cohérent et dont elle faciliterait le glissement dans les voies de la déglutition (1). Quant à la salive sous-maxillaire, à cause de ses caractères mixtes, elle pourrait à la fois dissoudre les substances sapides et diminuer au besoin l'intensité de leur impression en lubrifiant les surfaces gustatives; elle serait ainsi en rapport avec la gustation, qui ici ne doit nous occuper que bien accessoirement.

La précédente opinion se fonde, en partie, sur les expériences qui suivent (2) : Si l'on introduit un tube dans chacun des canaux excréteurs des glandes sous-maxillaire et sublinguale, il est facile de constater que le liquide qui s'écoule de l'une ou de l'autre est loin d'être identique avec celui qui s'échappe de la parotide par le canal de Sténon. Ce dernier liquide, parfaitement clair et limpide, offre une grande fluidité et s'écoule hors de son canal avec facilité, comme le ferait de l'eau. La salive sublinguale, au contraire, est visqueuse, elle sort difficilement du tube placé dans le conduit de la glande qui la sécrète. Quant à la salive sous-maxillaire, elle est assez fluide au moment où elle vient d'être recueillie, mais elle s'épaissit par le refroidissement.

Place-t-on, chez un chien, des tubes dans chacun des conduits des trois glandes salivaires principales, on reconnaît que la sécrétion de chacune d'elles ne s'effectue ni au même moment, ni sous l'influence des mêmes causes excitantes.

Si l'on dépose des substances sapides sur la langue, ou si l'on présente à l'animal à jeun un aliment dont il est avide, la salive sous-maxillaire seule est sécrétée;

de la bouche, derrière les dents incisives inférieures et sur les côtés du frein de la langue, c'est-à-dire *en dedans* des arcades dentaires ; l'autre, *postérieur*, comprenant les glandes molaires et parotides qui versent le produit de leur sécrétion au niveau des dents molaires supérieures, c'est-à-dire dans le vestibule de la bouche ou *en dehors* des arcades dentaires. CUVIER (*ouv. cit.*, t. IV, 1re part.), qui donne pour principal usage à la salive d'humecter la bouche et d'enduire les substances alimentaires, pour les faire glisser dans l'œsophage et faciliter la déglutition, fait observer que le volume des diverses glandes salivaires est, jusqu'à un certain point, en rapport avec la disposition des dents et avec la partie de la bouche dans laquelle l'aliment éprouve le plus d'action de la part de ces dernières.

HAPEL DE LA CHENAIE (*Observations et expériences sur l'analyse de la salive du cheval*, dans *les Mém. de la Soc. Roy. de méd.*, années 1780 et 1781, p. 325) est le premier expérimentateur qui ait distingué deux sortes de salive : la salive parotidienne, qu'il obtint isolément par la section du canal de Sténon sur un cheval, et la salive ordinaire ou mixte, telle qu'on la trouve dans la bouche, c'est-à-dire mélangée avec du mucus.

Depuis lors, TIEDEMANN et GMELIN (*Rech. physiol. et chim. sur la digestion*, t. I, Paris, 1827, p. 15 et 19), mais surtout MAGENDIE, RAYER et PAYEN (*Étude comparative de la salive parotidienne et de la salive mixte du cheval*, dans *Comptes rendus de l'Acad. des sciences de Paris*, séance du 20 octobre 1845), ont recueilli séparément ces deux salives, ou même ont signalé entre elles des différences sous le rapport de leur composition chimique et de leur action sur les aliments.

(1) Ce même usage est aussi attribué à la *glande de Nuck*, glande qui, placée sous l'arcade zygomatique, chez le chien, le chat, le bœuf, le mouton, le cheval, etc., ouvre son canal excréteur à l'extrémité postérieure du bord alvéolaire supérieur.

(2) Voir les *Mémoires* déjà cités et le journal *la Science*, édit. hebdom., n° 11, 27 mai 1855.

les conduits de la parotide et de la sublinguale ne laissent échapper aucun liquide.

Mais, si l'animal exécute des mouvements avec ses mâchoires, si on lui donne à manger des substances sèches (comme de l'avoine à un cheval), on voit la salive parotidienne s'écouler en grande abondance. Du reste, la quantité de cette dernière sécrétion est toujours proportionnée au degré de sécheresse ou d'humidité de l'aliment (*).

Enfin, c'est au moment de la déglutition, lorsque le bol alimentaire franchit l'isthme du gosier pour pénétrer dans l'œsophage, qu'on voit sourdre la sécrétion gluante des glandes sublinguales destinées à former, autour des matières broyées, une couche muqueuse qui en facilite le glissement. Aussi, sur un cheval auquel on a divisé l'œsophage dans la région moyenne du cou, de façon à recueillir les aliments avant leur arrivée dans l'estomac, quand on examine la répartition de la salive dans le bol alimentaire qui s'échappe par la plaie, constate-t-on que toute la surface de ce bol est enduite d'une couche visqueuse et filante qui n'est autre que la salive sublinguale, tandis que l'intérieur est imprégné d'un liquide d'une fluidité parfaite provenant de la parotide. C'est dans une expérience analogue à la précédente que se constate le retard apporté à la mastication et à la déglutition, quand, après avoir divisé le canal de Sténon, on laisse la salive parotidienne s'écouler au dehors.

Ainsi, aux yeux de l'auteur de ces diverses expériences, dans cette première élaboration des aliments qui a lieu en partie à l'intérieur de la bouche, il y a intervention de trois actes parfaitement distincts, la gustation, la mastication et la déglutition, actes à chacun desquels, nous le répétons, serait annexé un appareil salivaire spécial : pour la gustation, les glandes sous-maxillaires; pour la mastication, les glandes parotides ; pour la déglutition, les glandes sublinguales. La salive, telle qu'on l'expulse de la bouche dans l'état ordinaire, est, par conséquent, un produit complexe formé de plusieurs liquides dont chacun aurait un rôle spécial à remplir dans ces divers actes préparatoires de la digestion.

D'après G. Colin (1), qui a fait des recherches multipliées sur le même sujet, la plupart des assertions et des faits qui viennent d'être rapportés sont infirmés par les résultats de ses expériences.

D'abord, en ce qui concerne l'appareil salivaire spécial de la *déglutition*, il fait observer que la glande sublinguale possède, dans les ruminants, un canal particulier qui, chez le bœuf, a une situation et un volume se prêtant à merveille à l'établissement d'une fistule : or, quand on a fixé un tube à ce canal, on voit la salive s'en écouler d'*une manière continue*, tant que l'animal mange, ou bien lorsque des substances excitantes sont mises en contact avec la muqueuse buccale ; d'où il suit que, sous ce rapport, la sublinguale n'agit pas autrement que la maxillaire

(*) LASSAIGNE (*Journal de chimie médicale*, 1845, p. 472; — *Abrégé élém. de chimie*, 4e édit., t. II, p. 714), et, après lui, d'autres expérimentateurs ont donné, à ce sujet, des chiffres qui prouvent bien qu'en effet les aliments réclament d'autant plus de salive qu'ils sont plus secs. D'après Lassaigne, les fourrages absorbent quatre fois leur poids de fluide salivaire, l'avoine un peu plus d'une fois, la farine près de deux fois ce poids, et les fourrages verts à peine la moitié de ce dernier.

(1) Lecture à la Société de biologie, le 27 décembre 1851. — *Rech. expérim. sur la sécrétion de la salive chez les Solipèdes*, 1er mars 1852 (*Comptes rendus de l'Acad. des scienc.*, t. XXXIV, p. 327). — Id., *Rech. expér. sur la sécrétion de la salive chez les Ruminants* (*Comptes rendus* et même tome, 3 mai 1852, p. 681). — Id., *Traité de physiologie comparée des animaux domestiques*. Paris, 1854 t. I, p. 475-482 et suiv.

qu'on suppose être la glande spéciale de la gustation; il faut ajouter qu'on la voit fonctionner encore, pendant l'abstinence, pour concourir à la production du liquide mixte qui humecte la muqueuse des premières voies digestives. Aussi, dit G. Colin : « Je ne sais comment on a pu voir que la glande sublinguale sécrétait seulement pour la déglutition et à l'instant même du passage des aliments de la bouche dans le pharynx. Si le fait est vrai pour le chien, il ne l'est certainement pas pour nos ruminants domestiques (1). »

Examinant aussi la question de savoir si en effet les parotides sécrètent exclusivement à propos de la mastication, le même expérimentateur fait remarquer que, si ce dernier acte était la cause, le point de départ de l'activité des parotides, ces glandes sécréteraient quand on force un animal à mâcher, pendant un temps assez long, de l'étoupe, du vieux linge et d'autres substances sans saveur; or, elles ne fonctionnent pas dans cette circonstance, comme il dit s'en être assuré, bien qu'il y ait une véritable mastication. Au contraire, elles sécrètent quand on met des aliments dans la bouche, quoique à l'aide d'un appareil très simple on rende impossible les moindres mouvements des mâchoires; elles sécrètent aussi, après le repas, chez les chevaux qui, par suite d'une usure irrégulière des dents ou d'une atonie particulière des joues, conservent des portions d'aliments dans la bouche; enfin les parotides fournissent constamment, *lors de l'abstinence*, des quantités considérables de liquide chez les animaux ruminants.

Quant aux maxillaires, réputées glandes spéciales de la gustation, on peut faire couler hors de la bouche tout le produit de leur sécrétion, et pourtant l'animal n'en continue pas moins à repousser les aliments qui impressionnent désagréablement son organe du goût; de plus, des substances excitantes et sapides étant déposées sur la muqueuse buccale, on voit les glandes sublinguales fonctionner avec une activité non moins grande que les sous-maxillaires. La salive sous-maxillaire ne serait donc pas seule à remplir l'office qu'on lui attribue, d'une manière trop exclusive, de pouvoir tantôt délayer les matières sapides pour faciliter leur action, et tantôt modérer la vivacité de leur impression. D'ailleurs si les maxillaires sont les glandes de la gustation, pourquoi ne sécrètent-elles pas pendant la rumination ? Les aliments ramenés dans la bouche n'ont-ils donc plus de saveur, et, s'ils sont insipides, quel attrait l'animal peut-il avoir à les mâcher de nouveau (*) ?

En réunissant quelques-unes des précédentes expériences à celles que nous allons exposer, il deviendra facile de se faire juge dans la question en litige, au moins en ce qui concerne l'homme. Les expériences et les observations dont nous voulons parler, chacun pourra, comme nous, les répéter tantôt sur soi-même, tantôt sur d'autres personnes.

Et d'abord, évidemment la sécrétion salivaire, qui devient si abondante lors des

(1) Chez les Solipèdes, lors de l'abstinence, les glandes parotides et sous-maxillaires fournissent peu de liquide, comme le prouve l'expérience directe. Pourtant, la bouche est alors constamment humectée, et de plus l'animal avale de temps en temps des ondées d'un fluide visqueux. Or, ce fluide semble provenir, en partie, de la sécrétion non interrompue des glandes sublinguales. (*Loc. cit.*)

(*) Pendant la rumination, les parotides versent une grande quantité de salive sur les aliments, bien que ceux-ci aient été déjà broyés et humectés dans la bouche et dans le premier réservoir gastrique. Mais, alors, les dents incisives n'agissent point, l'aliment ne revient pas à l'entrée de la cavité buccale et *les glandes sous-maxillaires demeurent inactives*. C'est là, du reste, une des particularités les plus intéressantes de l'action des glandes salivaires chez les ruminants. (*Loc. cit.*)

repas, ne s'interrompt jamais ni durant l'abstinence, ni même pendant le sommeil. Pour s'en convaincre, il suffit d'observer l'homme dans l'une ou l'autre de ces conditions : alors on constate un mouvement de déglutition intermittent qui se renouvelle presque à chaque minute dans le premier cas (1), et seulement toutes les trois ou quatre minutes dans le second. Mais l'inspection directe peut paraître nécessaire pour établir qu'il s'agit bien ici de salive et non d'une simple sécrétion de mucosités. Or, si, après avoir craché ou avalé la salive, on attend environ deux minutes, la bouche ne tarde pas à se remplir de nouveau d'un liquide qui offre toute la fluidité et les autres caractères de la salive ordinaire.

Veut-on analyser davantage le phénomène et démontrer que le groupe glandulaire postérieur ou *parotidien*, et le groupe antérieur ou *sous-maxillaire et sublingual*, concourent à cette sécrétion spontanée, il suffit de faire entr'ouvrir légèrement la bouche, relever la pointe de la langue et avancer un peu la lèvre inférieure de manière à agrandir le sillon alvéolo-labial ; et bientôt, avec une pipette, on pourra recueillir, au fond de celui-ci et sur la portion du plancher buccal située derrière les incisives, deux salives distinctes : la première, plus fluide, venant des parotides; la seconde, plus visqueuse, émanant des sous-maxillaires et sublinguales.

Autre fait : aussitôt que la salive a été avalée, vient-on à déposer un corps sapide (vinaigre, par exemple) sur la pointe et les bords de la langue, avec la précaution d'appliquer cet organe à la voûte palatine pour augmenter la sensation gustative, les deux salives indiquées apparaissent également et avec une bien autre rapidité que dans la précédente expérience. Aussi, pour éviter leur mélange, convient-il d'oblitérer avec de la cire blanche les intervalles dentaires inférieurs.

Dans les expériences nombreuses que j'exécutai autrefois sur l'organe du gout avec la coloquinte, le vinaigre, etc., je vis toujours les chiens faire, sous cette influence, les mouvements de déglutition et les mouvements de mâchoire les plus énergiques. Or, en pareil cas, la compression due à l'action musculaire peut bien faire excréter beaucoup de salive à la glande sous-maxillaire, sans que cela prouve qu'elle soit liée à la gustation, à l'exclusion des autres glandes salivaires.

Cette remarque me conduit à une autre expérience bien aisée à reproduire : Si, après avoir essuyé la portion du plancher buccal où s'ouvrent les canaux excréteurs des sous-maxillaires et sublinguales, on exécute un mouvement de déglutition, et si l'on regarde de nouveau cet espace, on le trouve rempli de liquide ; dans l'effort du bâillement, où l'on sent si bien les muscles de la région sus-hyoïdienne se contracter, le même effet se produit ; il a encore lieu, mais d'une manière moins prononcée, quand on mâche à vide. Dans ces cas on ne saurait révoquer en doute, connaissant d'ailleurs la disposition des parties, l'influence de la contraction musculaire ; et, parce que la salive sublinguale sort surtout au moment de la déglutition, quand le bol alimentaire franchit l'isthme du gosier, ce n'est pas une raison pour l'annexer spécialement à cet acte, ni surtout croire qu'elle en facilite l'accomplissement en enduisant la surface du bol d'une couche visqueuse et filante. Car, assurément, on ne saurait s'expliquer comment la salive sublinguale, actuellement excrétée dans un mouvement de déglutition, pourrait aller enduire et envelopper le bol alimentaire à son départ de la bouche. A cause de sa viscosité et de son mélange

(1) Pendant la première heure qui suit le repas, les mouvements de déglutition de la salive m'ont toujours paru plus fréquents que dans les heures subséquentes.

La sécrétion salivaire varie d'ailleurs suivant tant de causes, qu'il est bien difficile d'en évaluer, même approximativement, la quantité pour chaque jour.

avec les autres salives, nous la croyons utile à la formation de ce dernier dont elle rend toutes les parcelles plus cohérentes; mais, à notre avis, ce sont des sécrétions muqueuses, moins mêlées à la salive et mieux placées pour leur usage, sécrétions dues aux glandules de la base de la langue, du voile du palais, aux amygdales et surtout aux glandules innombrables du pharynx, qui forment à la surface du bol alimentaire cette couche visqueuse et filante qui le rend glissant et l'aide à passer rapidement dans l'estomac.

Il est des animaux, comme le Cheval, qui mâchent leur nourriture alternativement d'un côté et de l'autre : du côté de la mastication, la quantité de salive parotidienne, qui s'écoule dans le réservoir adapté au canal excréteur, peut être double et parfois plus que quadruple de celle qui, dans le même temps, s'écoule de la glande opposée (1). Le sens de la mastication changeant environ tous les quarts d'heure, on voit la proportion inverse s'établir. La double impression, tactile et gustative, produite sur la muqueuse du côté de la mastication, est d'abord transmise au centre nerveux, puis réfléchie dans une direction centrifuge vers la glande correspondante : d'où une sécrétion plus abondante en rapport avec l'intensité de l'excitation périphérique. Du reste, quand on se borne à frictionner rapidement avec l'extrémité de la langue un côté des joues, on sent bientôt ce côté devenir bien plus humide que l'autre; et, en faisant agir, de la même façon, la pointe de cet organe sur le plancher buccal, au niveau des orifices excréteurs des glandes sous-maxillaires et sublinguales, on provoque ainsi très rapidement une sécrétion des plus abondantes.

Aussi, à notre sens, faut-il se garder de voir, dans la précédente expérience faite sur le Cheval, un rapport constant entre la quantité de salive sécrétée par l'une des parotides et l'effort exercé par les dents du côté correspondant, rapport qui autoriserait à rattacher ces glandes à l'acte de la mastication, à l'exclusion des sous-maxillaires et des sublinguales. Mâchez à vide, et, quelque effort masticatoire que vous fassiez, la salive parotidienne (2) ne sera toujours sécrétée que dans ses proportions ordinaires et continues. Nous savons déjà, au contraire, qu'en l'absence de tout mouvement des mâchoires, cette sécrétion devient très active par la présence d'un corps sapide déposé dans la bouche, comme on peut le constater sur soi-même et comme cela a été vu maintes fois sur des individus atteints de fistule du canal de Sténon. Nous savons encore, par l'expérience directe, que, chez les ruminants, les parotides sécrètent abondamment pendant l'abstinence.

En résumé, nous admettons : 1° Que toutes les glandes salivaires sécrètent la salive d'une manière continue, avec de fréquentes variations de quantité; 2° que les diverses salives, mêlées entre elles et au mucus au fur et à mesure qu'elles sont sécrétées, concourent, chacune suivant sa quantité, à la gustation, à l'imbibition, à la mastication et à la déglutition des aliments, ce dernier acte étant surtout favorisé par le *mucus spécial* dont il a été fait mention ; 3° que la gêne et le retard apportés à la mastication et à la déglutition, par suite de l'écoulement du fluide parotidien au dehors, n'ont rien de spécial à ce fluide, et que les mêmes effets, surtout relativement à la déglutition, résulteraient de l'issue, en quantité égale, des salives sous-maxillaires; 4° que l'excrétion de la salive sublinguale, lors de la déglutition, reconnaît une cause toute mécanique, et que, d'ailleurs, ce n'est pas

(1) COLIN, *ouv. cit.*, Paris, 1854, t. I, p. 469.

(2) J'excepte ici les glandes du groupe antérieur ou sous-maxillaire, qui éprouvent de la part de la mastication une influence dont j'ai déjà parlé.

de ce fluide qu'est spécialement formée la couche visqueuse et filante dont s'enveloppe le bol alimentaire, mais surtout du mucus provenant des glandes du voile du palais, de la base de la langue, des amygdales, et principalement des glandules pharyngiennes ; 5° que les parotides, auxquelles la mastication a été assignée comme cause excitatrice de leur activité, peuvent au contraire sécréter abondamment, et dans des conditions toutes physiologiques, quoique la mastication ne s'accomplisse pas du tout, ou bien demeurer seulement avec leur activité ordinaire, quoique cet acte soit exécuté avec énergie en l'absence des aliments ; 6° que lors de l'emploi de certaines substances sapides, la compression due à l'action musculaire peut bien faire excréter beaucoup de salive à la glande sous-maxillaire, sans que cela prouve qu'elle soit liée à la gustation, à l'exclusion des autres glandes salivaires ; 7° qu'enfin, quand bien même la salive sous-maxillaire est détournée et entièrement évacuée hors de la bouche, l'animal n'en continue pas moins à repousser les aliments désagréables au goût, comme l'a prouvé l'expérience directe.

MOUVEMENTS DE L'ESTOMAC.

Poursuivant nos études sur les actions physiques dont divers organes digestifs sont le siége, nous arrivons à celui de ces organes dans lequel les aliments, avant d'être transformés, doivent *s'accumuler* et faire un plus ou moins long séjour.

L'estomac, qui est le réceptacle dont il s'agit, possède la faculté, d'ailleurs en rapport avec cette destination spéciale, d'acquérir des dimensions bien supérieures à celles qu'il offre dans l'état de vacuité. A mesure que les aliments y descendent par *bouchées*, ses parois, d'abord plissées sur elles-mêmes et presque contiguës, s'écartent de plus en plus et finissent par se laisser progressivement distendre, en cédant à la force qui pousse le bol alimentaire. Ainsi distendu, l'estomac, qui a glissé entre les feuillets du grand épiploon et de l'épiploon gastro-hépatique, a changé de forme, de position et de rapports : au lieu d'être aplati sur ses faces, de n'occuper que l'épigastre et une partie de l'hypochondre gauche, il prend une forme arrondie et s'enfonce, par son grand cul-de-sac, dans cet hypochondre qu'il remplit presque en totalité ; en même temps, comme la résistance de la colonne vertébrale, en arrière, s'oppose à ce que la face postérieure de l'estomac se dilate de ce côté, le viscère, à cause de la fixité des orifices cardiaque et pylorique, est obligé d'exécuter un léger mouvement rotatoire dans lequel sa grande courbure est portée un peu en avant du côté de la paroi abdominale correspondante, dans lequel aussi sa face antérieure tend à devenir supérieure et à se rapprocher du diaphragme.

De la dilatation de l'estomac par les aliments résulte, pour la cavité abdominale elle-même, une distension proportionnelle à la masse alimentaire ingérée. Après un repas copieux, le diaphragme est refoulé vers la poitrine, il s'abaisse avec quelque difficulté, d'où une certaine gêne dans la respiration et dans les phénomènes qui en dépendent, comme la parole, le chant, etc. ; les viscères abdominaux, de leur côté, subissent aussi une compression plus forte, d'où le vif besoin de rendre l'urine ou les matières fécales, si la vessie ou l'intestin était déjà rempli de son produit d'excrétion.

Il importait, pour que les aliments fissent dans l'estomac le séjour nécessaire à l'action du suc gastrique, que l'orifice pylorique leur refusât, jusqu'à fluidification

plus ou moins complète, un passage trop prompt (1); et c'est en effet ce qui a lieu. Dans les animaux vivants, que l'estomac soit vide ou plein, cet orifice est habituellement fermé par la contraction de ses fibres circulaires entraînant le resserrement de son anneau fibreux, et si exactement fermé, dit Magendie (2), que si l'air est poussé par l'œsophage, il faut que l'estomac soit distendu et que l'effort soit considérable pour parvenir à surmonter la résistance du pylore; il n'en est pas de même si l'air est introduit par l'intestin grêle en le dirigeant vers l'estomac. Quand le repas est achevé, il n'importait pas moins que l'orifice cardiaque fût aussi fermé ; car, sans cette occlusion, la pression des muscles abdominaux et du diaphragme, sur l'estomac, eût fait refluer, dans les moindres efforts, la masse alimentaire vers l'œsophage. Comme l'a démontré le même expérimentateur (3), et ainsi que j'ai pu le constater moi-même, c'est surtout le mouvement rhythmique de la partie inférieure de l'œsophage qui s'oppose à un pareil reflux. Plus l'estomac est distendu, plus la contraction de cette partie devient intense et prolongée, et son relâchement de courte durée. La contraction coïncide ordinairement avec le moment de l'inspiration, où l'estomac est plus fortement comprimé; le relâchement arrive le plus souvent dans l'instant de l'expiration. Si, en effet, après le repas, on presse entre les mains l'estomac d'un chien vivant, dans le but de faire remonter les aliments dans l'œsophage, il sera à peu près impossible d'y réussir, quelque force qu'on emploie, si l'on agit au moment de la contraction de l'œsophage ou de l'inspiration, tandis que le passage s'effectuera en quelque sorte de lui-même, si l'on comprime le viscère dans l'instant du relâchement.

Parfois il peut arriver que la contraction de la partie inférieure de l'œsophage résiste et s'oppose à la sortie des gaz accumulés dans l'estomac par suite de digestions laborieuses; de là résulte une tympanite stomacale parfois considérable, avec gastralgie plus ou moins intense, comme je l'ai observé assez fréquemment chez les jeunes filles chlorotiques.

Une circonstance peut encore aider à l'effet rétentif des contractions œsophagiennes: lorsque l'estomac est rempli, le cardia forme un angle avec l'œsophage. Du reste, certains animaux, tant inférieurs que supérieurs, présentent, au bas de ce conduit, tantôt des rétrécissements, tantôt des replis transversaux ou en spirale, qui peuvent aussi s'opposer au reflux des aliments vers la bouche.

Il faut bien se garder de croire, avec quelques physiologistes, qu'une fois les aliments accumulés dans l'estomac, celui-ci reste inactif et qu'on puisse lui contester son pouvoir contractile. Il ne faudrait pas non plus, à l'exemple des iatromathématiciens, s'exagérer la force de ce viscère, et ajouter foi à des calculs tels que ceux de Pitcarn, de Fracassini, de Wainewright, etc. (4).

(1) Malgré l'assertion contraire d'Abernethy, on admet généralement que les liquides, quand ils sont pris à jeun, franchissent très rapidement le pylore. Chez un homme atteint d'une fistule située au haut de l'intestin grêle, on dit avoir aperçu, à l'orifice fistuleux et après une demi-minute, l'eau ingérée; et Coleman, ayant fait boire beaucoup d'eau à un cheval, la trouva dans le cæcum au bout de six minutes.

Il m'a toujours semblé que, chez les chiens, les boissons étaient loin de traverser le pylore aussi rapidement que dans les précédentes expériences, et qu'elles étaient absorbées en assez notable quantité dans l'estomac lui-même.

(2) *Précis élémentaire de physiologie*, 4e édit. Paris, 1836, t. II, p. 82.

(3) *Loc. cit.*

(4) Pitcarn évaluait la force de l'estomac de l'homme à 12,951 livres; Fracassini la portait à 117,088, et Wainewright à 260,000 livres. (HALLER, *Elementa physiologiæ*. Berne, 1764, t. VI, p. 274).

L'existence des mouvements de l'estomac, durant le travail de a chymification, ne saurait être révoquée en doute : ils m'ont paru manifestes, surtout vers le pylore, *mais seulement quand ce travail était déjà assez avancé ;* ce qui m'a conduit à penser que les expérimentateurs qui n'ont pu les apercevoir, les ont sans doute cherchés trop tôt après l'ingestion des aliments.

Quant aux descriptions qu'ont laissées les divers auteurs qui ont vu ces mouvements sur les mêmes animaux, leurs différences tiennent sans doute à ce que les investigations ont été faites tantôt immédiatement après la mort, tantôt pendant la vie, en appliquant les irritants mécaniques ou chimiques à l'estomac lui-même, et d'autres fois, en se bornant à attendre les contractions spontanées ou normales du viscère. Mais ces différences me paraissent dépendre encore de ce que certains expérimentateurs n'ont pas porté leur attention sur toute l'étendue de l'estomac, et ont dû prendre souvent pour un mouvement total ce qui n'était qu'un mouvement partiel.

C'est à tort, suivant moi, que Tiedemann et Gmelin (1), puis Eberle (2), ont combattu l'assertion de Ev. Home (3), qui, après Heister (4) et Walther (5), affirme avoir observé, sur des chiens, que l'estomac éprouve une coarctation à sa partie moyenne, pendant le travail de la digestion, de manière à former en quelque sorte deux cavités, l'une cardiaque et l'autre pylorique. En effet, plusieurs fois, sur ces mêmes animaux vivants, j'ai aussi observé cette coarctation qui pourtant n'est point constante, et que Herbert-Mayo (6) et P. Bérard (7) ont également eu occasion de rencontrer chez des hommes enlevés, par une mort subite, peu de temps après le repas. Si, durant la vie, et après l'ingestion des aliments, cette apparence biloculaire de l'estomac ne se prononce, peut-être, qu'exceptionnellement sur les chiens, j'ai pu, au contraire, la produire un très grand nombre de fois sur ces animaux, aussitôt après la mort, à l'aide de l'excitation mécanique ou galvanique des rameaux œsophagiens des pneumogastriques.

Quoi qu'il en soit, les mouvements propres de l'estomac et l'agitation des aliments dans son intérieur, durant la chymification, ont été également notés chez l'homme dans le cas de fistule gastrique, par le docteur William Beaumont (8). Cet observateur a même cité quelques expériences, faites sur son jeune Canadien, en faveur de l'opinion d'Ev. Home; car il prétend que la partie contractée de l'estomac forme, environ vers son milieu, une sorte de valvule destinée à empêcher le reflux du chyme vers la région splénique, lorsque la portion pylorique se contracte pour faire passer celui-ci dans le duodénum.

Sans admettre, avec les iatro-mathématiciens Borelli (9), Pitcarn (10), Hecquet (11), etc., que la digestion stomacale consiste essentiellement dans une attrition

(1) *Recherches expérimentales sur la digestion*, trad. de JOURDAN, 1826, 1re partie, p. 33.
(2) *Physiologie der Verdauung*, p. 51. Würzburg, 1834.
(3) *Philosoph. Transact. for the year* 1817. — *Lectures on comparative anatomy*, t. p. 140.
(4) HALLER, *Disput.*, t. II, p. 724.
(5) *Ibid.*, t. I, p. 464.
(6) *Outlines of human physiology*, p. 132.
(7) *Additions aux Éléments de physiol. de* RICHERAND, 10e édit., t. I, p. 241.
(8) *Exper. and observ. on the gastric juice and the physiol. of digestion.* Plattsburg, 183
(9) *De motu animalium. Pars in quâ de causis motûs musculorum et motionibus internis*, etc. Leyde, 1688, in-4.
(10) *Dissert. de motu quo cibi in ventriculo rediguntur*, etc. Leyde, 1693, in-4.
(11) *De la digestion suivant le système de la trituration et du broiement*, etc. Paris, 1712, in-12.

me trituration des aliments, toujours est-il, si, chez l'homme et les animaux su-périeurs, l'estomac offre des parois trop minces pour produire ce résultat, que les nouvements de ce viscère sont indispensables à une complète chymification qui, l'ailleurs, s'en trouve notablement accélérée (*). En effet, alternativement resserré lans un point et renflé dans un autre, l'estomac déplace les matières contenues dans on intérieur, les brasse, les mélange avec le suc gastrique et les désagrége de plus n plus, de manière que la chymification n'a pas lieu seulement au contact de 'aliment avec la membrane muqueuse, d'où évidemment une durée moindre de cette opération.

Des contractions successives de l'estomac ne sont-elles pas encore indispensables our en expulser les aliments à mesure qu'ils s'y élaborent, comme d'abord 'autres mouvements avaient été nécessaires pour les retenir dans sa cavité?

Enfin, si la quantité du suc gastrique, qui se sécrète pendant la digestion, paraît épendre surtout du degré d'excitation produite par l'aliment, on admettra volon-iers que les mouvements de l'estomac, favorables à sa circulation artérielle, devront ussi en activer la sécrétion, à cause du frottement répété qu'ils occasionnent entre masse alimentaire et la membrane muqueuse de cet organe. N'obtient-on pas ussi une abondante sécrétion de salive en se bornant à passer légèrement la ointe de la langue à l'intérieur des lèvres et des joues? Ce sont là des faits du nême ordre qui rentrent dans la catégorie des *phénomènes dits réflexes* (1).

Si le raisonnement avait déjà pu faire pressentir combien serait fâcheuse la sup-ression des mouvements gastriques, quelle grave atteinte la digestion devrait n éprouver, l'expérimentation est venue légitimer ces pressentiments. Les faits xpérimentaux dont il s'agit, devant être exposés plus tard avec détail (2), je me ornerai à rappeler ici que toutes les fois qu'après la résection des nerfs pneumo-astriques il m'est arrivé d'ingérer dans l'estomac des animaux (*chiens*) une cer-ine quantité d'aliments, ceux-ci, n'étant plus mélangés avec le suc gastrique par s mouvements de cet organe, n'ont plus été attaqués qu'à leur surface en contact rect avec la muqueuse, tandis que leurs parties centrales n'offraient encore, pour nsi dire, aucune altération après plus de dix heures d'ingestion.

Pendant les deux étés de 1854 et 1855, je fis, avec du suc gastrique de chien grand nombre de digestions artificielles dans des étuves chauffées à 38 degrés ntigrades, et maintes fois je pus constater que la dissolution ou la transformation s matières albuminoïdes s'était faite bien plus rapidement dans les flacons qui aient été agités d'une manière presque continuelle que dans ceux qu'on avait issés en repos.

Les précédentes preuves sur la réalité, sur la destination et l'importance des

(*) Nous pouvons rappeler ici que l'estomac est quelquefois destiné à remplir le rôle d'une sorte organe masticateur. Alors sa cavité est moins spacieuse, sa tunique musculeuse devient très isse, et sa membrane muqueuse se garnit de productions cornées ou calcaires, comme cela se voit ez un grand nombre de crustacés, d'insectes orthoptères et névroptères, etc., et aussi chez les eaux granivores dont le gésier, d'après les expériences de Borelli, Redi, Réaumur et Spallanzani, doué d'une force si remarquable : si l'on fait avaler des noix à des dindons, des noisettes à des ls et qu'on applique l'oreille au-devant de la poitrine, on peut percevoir le bruit produit par le sement de chacune d'elles, etc. Du reste, Réaumur et Spallanzani eux-mêmes sont les premiers 'econnaître que l'estomac ne possède pas une faculté triturante sensible chez les animaux où il re des parois minces, et tel est le cas de la plupart des animaux supérieurs.

(1) Ces sortes de phénomènes sont décrits dans le second volume de cet ouvrage, au chapitre itulé : *Du pouvoir réflexe et des mouvements qui en dépendent.*

2) Voir t. II, le paragraphe intitulé : *Action du nerf pneumogastrique sur l'estomac.*

mouvements de l'estomac étant données, il nous reste à faire connaître le *rhyth*
de ces mouvements, et en même temps à en tracer un court historique.

Les anciens n'ont eu que des notions très vagues sur les mouvements de l'est
mac dont le plus souvent ils ont exagéré la puissance. Walæus, Wepfer, Pey
Schlichting, Schulze, Réaumur, B. Schwartz, Haller, Spallanzani et autres, les
aperçus sur des animaux ouverts vivants, tels que chiens, chats, cochons, l
pins, etc., tantôt en irritant l'estomac à l'aide d'agents mécaniques ou chimiqu
et tantôt, plus rarement, en se bornant à l'examiner sans aucun attouchem
préalable.

Wepfer (1) me paraît être un des premiers qui ait fait sur ce point quelq
recherches exactes et qui ait bien vu deux sortes de mouvements, les uns pé
staltiques, les autres antipéristaltiques. Déjà aussi il avait remarqué que, le p
souvent, la contraction commence vers le pylore. Plus tard, Haguenot (2) nie
mouvement antipéristaltique de l'estomac, qui est admis par l'école hallérien
comme se produisant normalement pendant la digestion.

Haller (3) n'ajoute rien à ce que l'on savait, de son temps, sur les mouvements
l'estomac durant cette fonction. Dans la plupart de ses expériences, il irrite celui
par des moyens mécaniques ou chimiques; mais ce qui le frappe surtout, c'est
voir cet organe demeurer souvent immobile pendant le travail digestif, et d'épr
ver lui-même tant de difficultés à en saisir les contractions spontanées ou normal
« Non facile est (dit-il), in re instabili, neque in naturali statu conspicuà, plen
» quid et bono ordine tradere..... *sæpe* quiescit ventriculus neque videtur m
» peristaltico agitari, nisi quando a causâ aliquâ irritatur, cibo, veneno, aere.

La question qui nous occupe a encore fixé l'attention de Benjamin Schwartz (4) c
sur des chiens vivants, n'a pu aussi voir que rarement les mouvements de l'e
mac, sans les avoir préalablement provoqués à l'aide d'une irritation directe. D'a
cet observateur, ils commencent au pylore et se propagent rarement plus loin qu
partie moyenne de l'estomac; puis, tout de suite ou après un court délai, ils reto
nent en sens inverse vers le pylore. Dans des cas plus rares, ces dernières contr
tions rétrogrades prennent leur point de départ jusque dans le grand cul-de-
lui-même : une partie de l'estomac peut encore être en état de contraction a
péristaltique, quand le mouvement contraire de l'autre commence ; mais alor
contraction de la première partie cesse, et le même ordre de mouvements s'ét
ainsi sur toute la surface de l'organe. Pour Schwartz, le duodénum ne semble
participer aux mouvements qui précèdent : cet auteur reste pourtant incertain
ce qui peut avoir lieu chez l'animal sain, ayant cru reconnaître un peu c
participation sur un animal « *quod mille anteà cruciatibus convulsum fuera*

Spallanzani (5), ayant ouvert cinq chiens vivants, pendant la digestion, ne
sans toucher à leur estomac, bien apercevoir les mouvements de cet organe
sur deux de ces animaux. « Dans le troisième chien, dit-il, le mouvement p
staltique de l'estomac fut très sensible : il commençait un peu au-dessous de l'
fice supérieur (cardiaque), et l'onde se prolongeait doucement jusqu'au pylor
la contraction succédait périodiquement une dilatation. Je fus, pendant

(1) *Hist. cicut. aquat.*, p. 199 et suiv.
(2) *De ileo*, p. 14.
(3) *Elementa physiologiæ*, t. VI, p. 275.
(4) *De vomitu et motu intestinorum.* Lugd. Bat., 1745. — In HALLER. *Disput. anat.*,
(5) *Opuscules de physique animale et végétale*, traduits par Jean SENEBIER. Pavie, 1
t. II, p. 635 et suiv.

ainutes, l'observateur de ce mouvement. » Le mouvement péristaltique, dans estomac du cinquième chien, ajoute Spallanzani, ne fut pas moindre que celui du roisième.

Suivant Magendie (1), on voit souvent les mouvements commencer par le duoénum et se propager à la région splénique. Mais ensuite survient un mouvement .n sens inverse, de gauche à droite, qui chasse le chyme dans le duodénum. Ce hénomène se répète un certain nombre de fois, puis s'arrête et recommence de ouveau. Le mouvement est plus prononcé et s'étend jusqu'à la région splénique, uand l'estomac ne contient plus qu'une petite quantité de matières. Ces observaions faites sur des chiens, et répétées avec succès, sur ces mêmes animaux, par Heusinger (2) et par nous, ont, comme on le voit, une grande analogie avec celles e Benjamin Schwartz.

W. Beaumont (3) a étudié aussi, sur son Canadien, les mouvements de l'estomac. a vu qu'une portion d'aliments, facile à reconnaître, qui arrive à gauche dans la égion splénique, descend de gauche à droite le long de la grande courbure, evient par la petite de droite à gauche, puis bientôt recommence le même trajet. yant introduit la boule d'un thermomètre dans l'estomac, il a remarqué qu'elle était mue de la même manière. Mais, quand il dirigeait le thermomètre vers le ylore, l'instrument rencontrait très souvent un obstacle devant lequel il s'arrêtait uelques instants; puis, tout d'un coup, l'obstacle cédait et le thermomètre s'enonçait de 8 à 10 centimètres, comme s'il eût été aspiré avec une certaine force. n même temps il tournait en spirale, et était ensuite entraîné vers la région plénique.

Enfin, se fondant sur des expériences encore inédites et récentes, le professeur aurice Schiff, de Berne (4), a établi les propositions qui suivent :

1° Chacune des deux portions inégales de l'estomac, l'une cardiaque, l'autre lorique, peut exécuter des mouvements indépendants et distincts. 2° Les conactions qui, commençant environ vers le milieu de l'organe, se propagent vers le lore, sont, en général, plus énergiques que celles qui retournent dans le sens verse. 3° La portion pylorique ne se contracte jamais dans toute son étendue à fois; au contraire, on voit les contractions ramper de proche en proche, glisser r le pylore à la manière des mouvements vermiculaires de l'intestin. 4° Les mouments de la partie cardiaque sont plus rares que ceux de la partie pylorique; et vers la fin de la digestion, la première entre aussi en contraction, c'est toujours gauche à droite que se dirige le mouvement. 5° Les contractions péristaltiques la portion pylorique de l'estomac, qui parfois se limitent chez les Lapins à la rtie correspondante de la grande courbure, sont loin d'être toujours suivies de ntractions opposées ou antipéristaltiques. 6° Pendant la digestion, l'estomac vient fréquemment triloculaire ou même quadriloculaire chez les grenouilles; devient passagèrement biloculaire chez le Chien, ce qui explique pourquoi, and on introduit une sonde par la fistule, l'instrument peut se trouver momenément arrêté, comme dans les observations de Beaumont sur le Canadien eint de fistule gastrique. 7° On ne saurait faire dépendre les mouvements de

(1) *Précis élémentaire de physiologie*, 4e édit. Paris 1836, t. II, p. 108 et 109.

(2) *Trad. allemande du Précis de physiologie de Magendie*, t. II, p. 86.

(3) *Ouv. cit.*, p. 74.

(4) Communication écrite.

Les expériences de SCHIFF ont été faites sur des chiens, des chats, des lapins, des hérissons et des enouilles.

l'estomac, durant la digestion, du contact de l'air sur sa *face externe*, car ils s produisent quand le péritoine et le diaphragme sont encore intacts, et ils s'obser vent également sur l'homme ou les chiens porteurs de fistule gastrique ; on i saurait davantage attribuer ces mouvements au refroidissement du viscère apr l'ouverture du péritoine, puisqu'ils ont également lieu quand on prend la précau tion d'ouvrir les animaux dans un lieu chauffé à 40 degrés centigrades.

Maintenant, voulant appliquer les données expérimentales qui précèdent, si no recherchons quel doit être l'effet des mouvements de l'estomac sur la masse al mentaire semi-liquide, nous trouvons (n'envisageant d'abord que les mouvemen imprimés par la portion cardiaque) que le grand cul-de-sac repousse son conte vers la grande courbure. Cela est démontré par l'expérience, et expliqué par disposition anatomique : les fibres longitudinales de la membrane musculeu descendent le long de la grande courbure et sur ses côtés ; aussi est-ce en endroit surtout que les contractions sont le plus actives. Si la masse alimenta était solide, ces contractions seraient néanmoins impuissantes pour la déplac comme on le voit souvent chez les lapins ; mais elles suffisent pour entraîner u masse pultacée et demi-liquide vers le pylore, en suivant la direction indiqu Comme l'orifice du pylore ne laisse passer qu'une petite quantité de matière à fois, une partie de ce qui arrive dans la région pylorique (des mouvements laquelle nous faisons encore abstraction) doit remonter le long de la petite cou bure, prenant ainsi une direction opposée à celle qui lui avait été d'abord imprin par la grande courbure et le cul-de-sac. Cette espèce de mouvement de révoluti ce trajet circulaire doit être d'autant plus prononcé que les mouvements de grande courbure l'emportent davantage sur ceux de la petite.

C'est ce que C.-H. Schultz (1) avait déjà reconnu, en étudiant le rhythme mouvements de l'estomac dans diverses espèces d'animaux. Mais, supposant q chez les carnivores, les mouvements de la petite courbure ne diffèrent point force de ceux de la grande, ce qui est inexact, il admet un simple mouvement va-et-vient de gauche à droite et de droite à gauche, au lieu du mouvement cir laire qu'il attribue aux herbivores. Le même expérimentateur suppose égalem à tort que, chez ces derniers, le bol alimentaire, étant plus solide, doit être cela même plus propre à recevoir l'impulsion circulaire que la masse semi-liqu dans l'estomac des carnassiers. Mais l'expérience directe nous a prouvé, au c traire, que les contractions de l'estomac, souvent impuissantes à déplacer une m solide qui le distend, déplacent avec facilité une masse demi-liquide.

Nous venons de dire, plus haut, ce qui arrive quand la portion cardiaque de tomac agit seule ; voyons les effets qui résultent des mouvements de cette dern se produisant avec ceux de la portion pylorique. Ici deux cas se présentent. D le premier, le mouvement péristaltique cardiaque se combine avec le mouven pylorique de même direction : alors la portion de masse alimentaire, placée de la grande courbure, est accélérée dans son transport, tandis que celle qu trouve près de la petite courbure est ralentie ou même arrêtée, pour être ens propulsée avec plus d'énergie, si, immédiatement après, les contractions de la j tion pylorique deviennent antipéristaltiques ; en somme, le résultat obtenu e même que celui qui a été indiqué précédemment, mais il s'est produit avec

(1) *De alimentorum concoctione experimenta nova*, p. 79. Berolini, 1834.

plus grande rapidité. Dans le second cas, le mouvement antipéristaltique de la portion pylorique a lieu avec le mouvement cardiaque : alors l'effet du premier porte surtout sur la petite courbure où il n'est pas contre-balancé par un mouvement plus fort; puis, gênant un peu la progression le long de la grande courbure, il aide efficacement au trajet circulaire de la masse rétrograde. Mais les contractions antipéristaltiques de la portion pylorique ne sauraient équilibrer ou neutraliser, vers la grande courbure, l'effet du mouvement péristaltique de la portion cardiaque ; car ce dernier, s'opérant d'une grande surface vers une surface rétrécie, l'emporte nécessairement sur un mouvement contraire venant d'un tube étroit et s'élargissant considérablement vers le milieu de l'estomac.

En résumé, on voit que tous les phénomènes du mouvement stomacal, observés et décrits avec tant d'exactitude par William Beaumont (1), peuvent très bien s'expliquer par ce que nous avons observé sur les animaux. Rappelons toutefois que, si les aliments sont soumis à un mouvement de révolution dans l'estomac, les contractions qui aident à l'accomplissement d'un pareil mouvement ne semblent pas toujours mutuellement combinées dans les portions cardiaque et pylorique de cet organe.

Il sera fait mention, tout à l'heure, du rôle très secondaire qu'on a attribué aux mouvements de l'estomac dans le *vomissement* et même dans la *rumination*.

Quant à l'*influence du système nerveux* sur ces mouvements, son étude étant liée surtout à celle du pneumogastrique, je crois devoir renvoyer le lecteur à l'histoire physiologique de ce nerf important (voir t. II de cet ouvrage).

Toutefois, à propos de l'influence dont il s'agit, je rappellerai une particularité expérimentale que je constatai, il y a environ seize ans (2), et qui me paraît offrir quelque intérêt. Les auteurs ayant émis les assertions les plus contradictoires relativement à l'action des nerfs pneumogastriques sur les mouvements de l'estomac, je désirai expérimenter à mon tour, et, à l'aide d'expériences variées et nombreuses faites sur des chiens, j'arrivai, dans mon opinion, à découvrir la cause de pareilles dissidences. Après avoir ouvert le thorax et l'abdomen, j'irritai mécaniquement ou galvaniquement les cordons œsophagiens du pneumogastrique, d'abord séparés de l'œsophage, et, sur un certain nombre de ces animaux, les contractions les plus manifestes eurent lieu dans les parois de l'estomac, non pas instantanément, mais au bout de cinq à six secondes. Parfois je vis cet organe se partager, pour ainsi dire, en deux portions, l'une pylorique, l'autre splénique, et sa coarctation être portée à un tel point qu'il était comme étranglé par son milieu à l'aide d'un lien : les aliments comprimés sortaient par le pylore. Au contraire, sur d'autres chiens, les mouvements de l'estomac furent difficiles à apercevoir ou même manquèrent complétement, quoique je fisse usage du même mode d'irritation. M'étant appliqué à rechercher avec persévérance la cause des phénomènes contraires que j'avais observés, je finis par reconnaître que, si l'irritation, mécanique ou galvanique des cordons œsophagiens, *durant la digestion*, provoque dans les parois stomacales les mouvements les plus intenses, ceux-ci, malgré l'irritation indiquée, sont souvent inappréciables quand l'estomac est vide, rétracté sur lui-même, et, en quelque sorte, au repos. Ces recherches peuvent servir à rendre

(1) *Ouv. cit.*
(2) LONGET, *Anat. et physiol. du syst. nerv.* Paris, 1842, t. II, p. 322.

compte des résultats contraires qu'ont obtenus des expérimentateurs également habiles, puisque les uns, sans y prendre garde, ont pu agir, lors de l'état de vacuité de l'estomac, et les autres pendant la réplétion et la réaction de l'organe, c'est-à-dire dans des conditions tout à fait différentes.

On a cru pouvoir expliquer les résultats opposés de mes expériences, en disant que, dans un cas, la contraction musculaire trouve, pour ainsi dire, un point d'appui sur la masse alimentaire, et que, dans l'autre, les fibres musculaires de l'estomac, revenues sur elles-mêmes, ne peuvent plus se contracter que d'une manière inappréciable. S'il en était ainsi, j'aurais dû, quand l'estomac avait été modérément distendu par des gaz, obtenir des mouvements qui, au contraire, ont manqué comme dans l'état de vacuité complète de l'organe.

Du reste, j'ai signalé (1) les mêmes différences relativement à l'influence des grands nerfs splanchniques sur les mouvements du canal intestinal : est-il vide ou gonflé par des gaz, la stimulation électrique demeure ordinairement sans aucun effet ; tandis que, s'il renferme des matières alimentaires, les contractions y deviennent des plus manifestes.

Rumination.

Certains animaux ont la faculté de ramener dans la bouche, pour les soumettre à une seconde mastication, à une nouvelle insalivation et à une nouvelle déglutition, les aliments déjà ingérés. Ce mode préparatoire de digestion se nomme *rumination.*

Propre à un ordre de Mammifères qu'on désigne, par cela même, sous le nom de *Ruminants*, le pouvoir de ruminer a été attribué, par quelques naturalistes à d'autres animaux tels que la taupe-grillon et les sauterelles, parmi les Insectes; les écrevisses, les crabes, les limaçons, parmi les Crustacés et les Mollusques; le saumon, la dorade, parmi les Poissons; le pélican et le héron, parmi les Oiseaux; tels enfin que la marmotte, le cochon d'Inde, le lapin et le lièvre, dans la classe des Mammifères. Nous n'avons pas à nous occuper de la réalité de cette fonction, d'ailleurs niée par la plupart des physiologistes, dans les espèces précédentes. Notre but est de signaler les principaux faits qui se rattachent à l'étude de la rumination chez les *ruminants proprement dits* (2), et de rapprocher de ces faits, comme ayant quelque analogie avec eux, certaines observations de mérycisme (*) recueillies sur l'homme lui-même.

Un coup d'œil rapide jeté sur la disposition de l'estomac multiple de ces animaux pourra nous faciliter l'intelligence de la rumination, dont le mécanisme est d'ailleurs assez complexe.

I. Les Ruminants sont pourvus d'un estomac qui offre quatre compartiments distincts. Le premier est désigné sous le nom de *rumen* ou de *panse ;* il est le plus vaste, et occupe une partie considérable de l'abdomen, particulièrement le côté gauche. Le second, appelé *réseau* ou *bonnet*, se voit en avant de la panse et à droite de l'œsophage ; c'est le plus petit des quatre compartiments gastriques. Le *feuillet*

(1) *Ouv. cit.*, t. II, p. 568.

(2) Tels sont : le mouton, la chèvre, le bœuf, la girafe, la gazelle, le chamois, le cerf, l'axis, le renne, l'élan, le chevreuil, le daim, le chevrotain, le chameau, le lama.

(*) De μηρυκισμὸς, rumination.

ou troisième estomac, dont les larges plis longitudinaux figurent assez bien les feuillets d'un livre, est placé au côté droit de la panse. Enfin le quatrième estomac ou *caillette*, dont le nom rappelle la propriété de faire cailler le lait, est situé à droite du feuillet; il communique avec ce dernier par une ouverture assez étroite et se continue avec le duodénum au moyen d'un orifice qui représente le pylore des estomacs simples.

Quant à l'œsophage, il aboutit à la partie droite de la panse et communique, à l'aide d'une gouttière, avec le réseau et le feuillet; il est ainsi en communication directe avec les trois premières cavités stomacales, et, par l'intermédiaire du feuillet, avec la caillette qui est l'analogue de l'estomac simple de la plupart des animaux.

La membrane muqueuse, qui tapisse les quatre divisions de l'estomac des ruminants, n'offre pas les mêmes caractères dans tous les points de son étendue. Dans la panse, elle est hérissée de nombreuses papilles ou villosités aplaties, et recouverte d'un épithélium épais qui s'enlève facilement par lambeaux. Dans le bonnet, la muqueuse forme des cellules polygonales, munies à leur surface de papilles assez fines : l'aspect général de la face interne du bonnet ou réseau est comparable à celui des alvéoles d'abeilles. La membrane musculeuse est ici plus épaisse que celle du rumen. Dans le feuillet, la muqueuse présente un grand nombre de plis superposés, véritables feuillets dont la surface est abondamment pourvue de petites papilles; la membrane musculeuse du feuillet n'a qu'une épaisseur médiocre. Enfin, dans le quatrième estomac ou dans la caillette, la muqueuse est épaisse, veloutée et très vasculaire; de plus elle offre de larges replis qui augmentent considérablement sa surface de sécrétion pour le suc gastrique.

Le demi-canal qui conduit de l'œsophage dans le troisième estomac ou feuillet, et que l'on désigne sous le nom de *gouttière œsophagienne*, est surtout formé par deux colonnes charnues qui partent de chaque côté du cardia : la colonne de droite s'étend le long de la face supérieure du réseau, celle de gauche longe le rétrécissement qui sépare la cavité du réseau de celle du rumen et se prolonge sur la face gauche de la panse elle-même. Dans le lama, la gouttière œsophagienne n'est pourvue que d'une seule lèvre mince et étroite (Colin); dans le dromadaire, on rencontre la même disposition. Ajoutons que la panse du chameau et celle du lama sont pourvues de plusieurs loges supplémentaires ou réservoirs destinés à contenir toujours une certaine quantité de liquide. Chez ces mêmes animaux, les trois premiers estomacs ont une muqueuse presque dépourvue de papilles; le feuillet est muni de lames à peine apparentes, et la caillette n'a que des replis peu nombreux.

Dans l'étude du *mécanisme de la rumination*, il est un problème qui se présente tout d'abord : dans quel compartiment de l'estomac se rendent les aliments après leur première déglutition? Peyer (1), Duverney (2), Perrault (3), Camper (4), Daubenton (5) ont émis, à ce sujet, des opinions différentes.

Pour résoudre cette question, il fallait, ainsi que l'a fait Flourens (6), avoir recours à l'expérimentation directe. Or, si l'on donne à manger à un mouton de la luzerne verte et qu'on le tue immédiatement après, on trouve ce fourrage en grande quantité dans la panse, et, en petite quantité, dans le réseau; le feuillet et la caillette ne

(1) *Merycologia, sive de ruminantibus et ruminatione commentarius*, in-4. Basileæ, 1685.
(2) *Œuvres anat.* Paris, 1761, t. II, p. 434 et suiv.
(3) *Œuvres de physique et de mécanique*, Amsterdam, 1727, t. III, p. 432 et suiv.
(4) *Œuvres sur l'hist. nat., la physiol. et l'anat. comp.*, Paris, 1803, t. III, p. 49.
(5) *Histoire de l'Ac. des sc. de Paris*, ann. 1768, p. 389 et suiv.
(6) *Mém. d'anat. et de physiol. comp.*, Paris, 1844, p. 36. — *Ann. des sc. nat.*, t. XXVII, p. 34.

contiennent aucune parcelle de la substance ingérée. Pareil résultat se reproduit lorsqu'on expérimente soit avec de l'avoine, soit avec des fragments de racines: dans ces cas, les aliments se retrouvent encore dans les deux premiers estomacs seulement. Au contraire, si l'on donne à manger des racines réduites en bouillie fine, on rencontre celle-ci en grande partie dans le premier estomac, mais en partie aussi dans les trois autres. Le même expérimentateur a également cherché à résoudre la question, sur les animaux vivants, en établissant des fistules gastriques chez des moutons: les mêmes différences, qui viennent d'être signalées, ont été vérifiées de nouveau.

La conclusion à tirer de ces diverses expériences, c'est que les aliments grossiers tombent en partie dans la panse, en partie dans le réseau; tandis que les aliments atténués, demi-fluides ou réduits en bouillie, se rendent à la fois, mais en proportion variable, dans les quatre compartiments gastriques.

Quant aux boissons, elles tombent directement dans les deux premiers estomacs et se rendent aussi dans les deux derniers, partie par la gouttière œsophagienne, partie par le réseau. Flourens s'en est assuré après avoir ouvert, sur un animal vivant, les quatre estomacs: il a pu ainsi constater qu'au moment de la déglutition des liquides, ceux-ci sortaient à la fois par les quatre ouvertures. Colin (1) a étudié le phénomène sur un taureau dont le premier estomac portait une large fistule au niveau du flanc gauche: ayant engagé une main jusqu'au niveau de l'orifice cardiaque, pendant la déglutition des liquides, il reconnut que les ondées de boisson étaient lancées avec force dans la panse et dans le réseau; puis, ce dernier une fois rempli et l'eau dépassant le niveau du repli de séparation des deux premiers estomacs, le liquide se répandait abondamment dans la panse. En mettant le doigt en contact direct avec la gouttière œsophagienne, il était facile de reconnaître qu'une certaine quantité de liquide coulait directement dans le feuillet et de là dans la caillette.

Les aliments accumulés dans la panse y sont soumis à un mouvement presque continuel. Ainsi Flourens a très bien reconnu que les matières qui occupent d'abord les parties postérieures de la panse passent dans ses parties antérieures, vont du rumen dans le réseau et réciproquement, tant que l'animal ne se livre pas à la rumination. Colin a également constaté, au moyen d'une ouverture fistuleuse pratiquée à la panse d'un taureau, un mouvement oscillatoire fréquemment renouvelé des aliments. Quand l'animal est malade, ou bien encore que le contenu de la panse est durci, ce mouvement cesse de se produire. Les liquides sont, comme les matières alimentaires, soumis à des mouvements qui les portent alternativement du réseau dans le rumen et du rumen dans le réseau.

Pour ramener les aliments dans la bouche, deux ordres d'organes doivent intervenir. Les uns, organes immédiats, sont les estomacs eux-mêmes; les autres, agents médiats ou auxiliaires, sont les muscles abdominaux et le diaphragme.

C'est surtout pour le rôle dévolu aux premiers qu'il existe une grande divergence d'opinion parmi les observateurs. Ainsi Duverney (2) et Peyer (3) admettent que c'est la panse qui est chargée d'exécuter la réjection. Perrault (4)

(1) *Physiologie comparée des animaux domestiques*, Paris, 1854, t. I, p. 503.
(2) *Loc. cit.*
(3) *Loc. cit.*
(4) *Loc. cit.*

professe que la gouttière œsophagienne prend les aliments dans la panse et qu'elle en forme des pelotes qui sont ensuite poussées dans l'œsophage ; suivant lui, cette même gouttière œsophagienne est destinée à ramener les pelotes dans les derniers estomacs, après la seconde mastication. Daubenton a fait principalement intervenir, dans l'acte de la réjection, le réseau qu'il considère comme chargé de former la pelote, en se contractant fortement sur lui-même. Mais cette théorie a été réfutée par Flourens qui, après avoir retranché une partie du réseau sur un mouton, a fixé, par des points de suture, aux parois de l'abdomen, la partie non excisée : celle-ci ne pouvait donc plus, en se contractant, s'affaisser et servir à mouler la pelote; et pourtant, chez l'animal mis en expérience, la rumination n'a pas moins continué à avoir lieu.

D'après cet expérimentateur, les deux premiers estomacs, en se contractant, poussent les aliments entre les bords du demi-canal; celui-ci, se contractant à son tour, rapproche l'une de l'autre les deux ouvertures du feuillet et de l'œsophage; puis ces dernières, fermées à ce moment de leur action et rapprochées, saisissent une portion des aliments, la détachent et en forment une pelote. Ainsi, selon Flourens, les pelotes seraient moulées à l'aide d'un appareil particulier composé du demi-canal et des deux orifices fermés du feuillet et de l'œsophage. Cette opinion a été récemment combattue par Colin (1) au moyen de l'expérience suivante : une incision est pratiquée aux parois du flanc et à celles du rumen sur un taureau, puis les bords de la plaie de l'estomac sont réunis aux bords de la plaie de la paroi abdominale. Par cette fistule stomacale artificielle, l'expérimentateur introduit successivement dans le rumen des fils de laiton, à l'aide desquels il réunit les deux lèvres de la gouttière œsophagienne, depuis le cardia jusqu'au niveau de l'orifice supérieur du feuillet. Nonobstant l'opération, la rumination continue à se faire. Or, dans l'expérience précédente répétée sur d'autres animaux, les deux lèvres de la gouttière œsophagienne étant attachées ensemble depuis le cardia jusqu'à l'orifice supérieur du feuillet, ainsi que nous venons de le dire, ces deux lèvres ne peuvent plus s'écarter l'une de l'autre pour saisir les aliments, elles ne peuvent plus les recevoir, et néanmoins l'animal continue à ruminer. Puisque la rumination persiste en l'absence de la demi-gouttière œsophagienne, il faut donc admettre que celle-ci n'est pas le principal instrument de la réjection. Ajoutons que l'on trouve une confirmation de ces données fournies par l'expérience, dans la disposition que présente la gouttière œsophagienne du lama et du dromadaire : nous avons déjà dit que cette gouttière n'est pourvue que d'une seule lèvre mince et étroite (2).

Le mécanisme de la réjection ou de l'introduction des aliments dans l'œsophage est aisé à concevoir d'après l'auteur de la précédente expérience. La panse et le réseau se contractent simultanément; la première pousse vers l'orifice inférieur de l'œsophage des aliments très délayés, et le second, des liquides. L'œsophage semble se relâcher et se dilater pour permettre aux aliments et aux liquides de s'introduire dans sa cavité; puis il se referme et éprouve alors une contraction antipéristaltique qui porte les aliments et les liquides vers la bouche. Les matières

(1) *Ouv. cit.*, t. I, p. 510.

(2) Il est évident que, des trois usages attribués à la gouttière œsophagienne, l'expérience précédente n'aurait pu supprimer que celui qui a trait à la rumination, si ce premier usage eût été réel ; elle laisse subsister les deux autres, c'est-à-dire qu'elle permet au demi-canal de conduire encore une partie des liquides dans les deux derniers estomacs et de transporter directement à la caillette les aliments ruminés, comme il pouvait le faire auparavant (*loc. cit.*).

alimentaires y arrivent donc dans un grand état de mollesse et mélangées avec une forte proportion de liquide qui est dégluti par l'animal en une ou plusieurs ondées.

Mais voyons maintenant quel est ici le rôle du diaphragme et des muscles abdominaux.

Le rumen n'exécute plus, suivant Flourens, que des contractions faibles, lorsqu'on le met à nu et qu'il est privé du point d'appui des parois abdominales. En exerçant des irritations sur la muqueuse, on provoque des contractions à peine appréciables. Si l'on pince ou si l'on pique les piliers charnus, on donne lieu quelquefois à de légers mouvements. Le réseau jouit d'un pouvoir contractile plus prononcé; on peut s'en assurer en introduisant la main dans sa cavité. Les lèvres de la gouttière œsophagienne se contractent aussi à peine, lorsqu'on les irrite directement. Le cardia est de toutes les portions de l'estomac celle qui jouit du degré de contractilité le plus manifeste.

Quelques autres expériences démontrent la nécessité de l'intervention du diaphragme et des muscles abdominaux pour le retour des aliments dans la bouche. Ainsi, à l'exemple de Flourens, qu'on fasse la section des deux nerfs diaphragmatiques à un mouton, et la rumination deviendra plus difficile. Si l'on pratique la section de la moelle au niveau de la dernière vertèbre dorsale pour déterminer une semi-paralysie des muscles abdominaux, la rumination continuera encore, mais d'une manière imparfaite. Divise-t-on, au contraire, la moelle au niveau de la sixième vertèbre dorsale, cette section donnant lieu à la paralysie des muscles abdominaux, la rumination ne sera plus possible.

L'acte de la réjection ne consiste pas seulement dans la formation du bol et son introduction dans l'orifice cardiaque; il offre encore à examiner le mode de transport de la masse alimentaire depuis les réservoirs gastriques jusqu'à la cavité buccale.

Au moment même où la pelote alimentaire s'introduit dans l'œsophage, on remarque un mouvement brusque dans le flanc de l'animal; ce mouvement se compose d'une inspiration brusque suivie d'une expiration rapide. Dès que le bol est engagé dans l'œsophage, il paraît être porté jusqu'à la bouche avec rapidité par l'action des fibres spirales croisées, qui entrent dans la structure de ce canal. On peut constater par le toucher et même voir directement l'ascension accomplie par la pelote alimentaire.

Une fois parvenue dans la bouche, elle y est soumise à une seconde mastication qui s'exécute de diverses manières. Tantôt les mouvements de latéralité, que la mâchoire inférieure accomplit chez tous les ruminants, se font de droite à gauche, par exemple, pendant un certain temps, et, plus tard, dans le sens contraire, pour revenir bientôt au premier, etc. : c'est la mastication *unilatérale* qui, d'ailleurs, est la plus commune. Tantôt les mouvements des mâchoires alternent régulièrement des deux côtés, c'est-à-dire qu'après un premier mouvement de droite à gauche, il en survient un second de gauche à droite, puis un troisième de droite à gauche, et ainsi successivement, de manière que le même mouvement ne se produit pas deux fois de suite : c'est l'espèce de mastication qu'on a appelée *alterne* et *régulière*. Enfin, les mouvements des mâchoires, tout en conservant une certaine alternance, sont parfois irréguliers : l'animal exécute un certain nombre de mouvements de latéralité d'un côté, puis un certain nombre de mouvements analogues

du côté opposé et ainsi de suite ; c'est une mastication *alterne irrégulière* (1).

Du reste, le nombre de mouvements accomplis par les mâchoires, pendant la rumination d'une pelote, varie avec les conditions du régime (foin, paille, substances vertes, etc.), et aussi avec l'âge ; aux deux extrêmes de la vie, les mouvements sont plus répétés. Il varie également suivant l'espèce animale : la rapidité de ces mêmes mouvements est généralement en rapport avec la lenteur ou la vivacité des autres mouvements de l'animal. Vers la fin de la rumination, la vitesse de la mastication paraît augmenter sensiblement.

Le travail de la nouvelle mastication est suivi d'une seconde déglutition qui s'effectue très rapidement comme la première ; puis, dès que le bol est descendu dans l'estomac, un autre bol succède et remonte bientôt vers la bouche.

La rumination ne s'exécute bien qu'autant que l'estomac renferme une certaine quantité de salive qui s'y accumule pendant l'intervalle de la rumination et des repas. Colin (2) a constaté qu'il suffit de supprimer l'abord de la salive parotidienne dans ce réservoir, en établissant des fistules du canal de Sténon, pour entraver le travail de la rumination. D'après cet expérimentateur, la salive de la seconde mastication est surtout sécrétée par les glandes parotides ; alors les glandes maxillaires, dont la sécrétion était si abondante pendant le repas, sont inactives ou ne versent plus que des quantités fort minimes de liquide.

Les aliments, après avoir été ramenés dans la bouche, reviennent une seconde fois dans les réservoirs gastriques. Mais tombent-ils, comme la première fois, dans la panse et le réseau, ou bien prennent-ils une autre voie pour parvenir dans le feuillet et la caillette ? Flourens (3), ayant établi des fistules aux premiers estomacs, dans le but de savoir ce qui se passe dans leur intérieur lors de la seconde déglutition, a reconnu, tantôt avec le doigt et tantôt avec l'œil, que la moindre partie de l'aliment ruminé revient dans ces deux premières cavités, et que l'autre partie passe immédiatement par le demi-canal de l'œsophage dans le feuillet.

Ainsi, lors de la première déglutition, la bouchée était volumineuse et composée de fragments grossiers, elle élargissait l'œsophage aux dépens du demi-canal, et tombait, par cela même, dans les deux premiers estomacs placés au-dessous ; tandis que, après la rumination, le nouveau bol alimentaire, devenu demi-fluide, peut s'engager facilement dans ce demi-canal, sans déterminer l'écartement ni l'effacement de ses bords, et être ainsi conduit surtout dans le feuillet.

Avant de terminer l'étude de la rumination chez les animaux, et de mentionner ce mode préparatoire de digestion exceptionnellement observé dans l'espèce humaine, je rappellerai un fait expérimental que je mis autrefois en lumière (4) : je veux parler de la détermination des *agents de l'occlusion de la glotte dans la rumination.*

Lors de l'accomplissement de cet acte, comme il a été dit plus haut, l'animal exécute d'abord une inspiration brusque suivie d'une expiration rapide ; puis on voit, aussitôt après, le cou s'allonger et se gonfler successivement dans toute sa

(1) Colin, *ouv. cit.*, t. I, p. 523.
(2) *Ouv. cit.*, t. I, p. 526.
(3) *Ouv. cit.*
(4) Longet, *Recherches expérimentales sur les fonctions de l'épiglotte et sur les agents de l'occlusion de la glotte dans la déglutition, le vomissement et la rumination* (Mémoire inséré dans les *Arch. génér. de médec.*, ann. 1841).

longueur, par suite de l'ascension de la pelote alimentaire qui, du rumen remontant jusqu'à la bouche, a dû éviter dans ce trajet l'ouverture supérieure du larynx. Si alors on n'observe pas, comme dans le vomissement, des expirations brusques et expulsives, c'est que rien ne s'engage dans l'*espace sus-glottidien* qui me paraît protégé à l'aide d'un mécanisme particulier qui va être expliqué d'abord; puis viendra l'exposé de celui qui protége la *glotte* elle-même.

En disséquant un assez grand nombre de larynx d'animaux, je constatai que le muscle aryténo-épiglottique, qui existe à peine à l'état rudimentaire chez l'homme et chez le cheval, devient plus apparent dans le chien et se développe surtout d'une manière très manifeste dans le bœuf, la chèvre, le mouton, etc. Or, pourquoi ce muscle, qui peut agir jusqu'à un certain point comme constricteur de l'*ouverture laryngée supérieure* (1), qui peut aussi, en faisant basculer l'épiglotte en arrière, ramener cet opercule sur elle, ne serait-il pas, chez les ruminants, un moyen employé par la nature pour prévenir la chute fâcheuse de parcelles alimentaires dans l'espace sus-glottidien ? Ce qui tendrait à faire admettre notre manière de voir, c'est que, dans le chien, chez qui le vomissement est chose si commune et en même temps si facile, le même muscle est assez développé; tandis que, dans l'homme et dans le cheval, qui vomissent plus rarement (2), une semblable disposition, devenant moins nécessaire, se trouve à peine ébauchée. Aussi, chez l'homme en particulier, des particules de matières vomies ne manquent-elles point de tomber dans la cavité supérieure du larynx, d'où les chassent bientôt des expirations violentes et saccadées.

On sait que la rumination, quoique commencée, se supprime souvent sous l'influence d'une impression assez légère; c'est donc accidentellement que, durant cet acte, je pus observer l'état de la glotte, *après la paralysie de tous les muscles intrinsèques du larynx*, à travers une ouverture faite à la trachée. Le procédé, que je mis en usage pour paralyser ces muscles auxquels on supposait à tort qu'était due l'occlusion de la glotte au second temps de la déglutition, a été décrit précédemment (p. 108).

Dans des mouvements accidentels de rumination, qui succédèrent à un pincement de l'œsophage, je vis, chez le mouton, la *glotte* se fermer hermétiquement, lors du passage de l'aliment du pharynx dans la bouche, et quand l'animal avala de nouveau, la glotte se ferma derechef. La matière alimentaire ne pénétra point dans la trachée; d'où il faut inférer que les agents qui resserrent la *glotte*, dans la rumination, ne sont pas les muscles intrinsèques du larynx, mais qu'ils sont les mêmes que ceux qui, dans le vomissement et la déglutition, président, suivant moi, à l'occlusion de cette ouverture (muscles constricteurs pharyngiens et palato-pharyngiens) (3).

Enfin, comme je l'ai dit, il me semble rationnel d'adjoindre, chez les ruminants, à ce moyen de protection des voies aériennes, l'occlusion de l'*orifice laryngé supérieur* due à la contraction du muscle aryténo-épiglottique.

II. Le mérycisme ou la rumination n'est pas très rare dans l'espèce humaine. Il consiste en ce qu'au bout d'un laps de temps plus ou moins long après le repas,

(1) Au même titre que l'aryténoïdien et les muscles crico-aryténoïdiens latéraux sont constricteurs de l'ouverture glottique proprement dite (voir notre Mémoire *Sur les fonctions des nerfs et des muscles du larynx*, dans *Gaz. méd. de Paris*, 1841).

(2) C'est à tort que divers physiologistes ont avancé que, chez le cheval, il y avait impossibilité absolue de vomir : les observations rapportées par GIRARD, dans son *Mémoire sur le vomissement*, prouvent le contraire.

(3) Voir plus haut, p. 107 et suiv.

les aliments remontent à la bouche sans effort, et presque toujours sans nausées, pour être avalés de nouveau. La multiplicité des réservoirs gastriques, nous l'avons vu, est la condition première et essentielle de la véritable rumination ; aussi la singularité dont il s'agit ne saurait-elle être assimilée, sous le rapport du mécanisme, à la rumination des animaux à estomac multiple. Il ne faudrait pas non plus, à l'exemple de certains amis du merveilleux, vouloir absolument trouver quelque analogie d'organisation entre l'homme qui présente cette singularité et les ruminants proprement dits. Les autopsies plus récentes d'individus ayant eu la faculté de ruminer n'ont fait découvrir aucune des analogies autrefois supposées. Du reste, cette faculté anormale est le plus souvent compatible avec le meilleur état de santé, et c'est exceptionnellement qu'elle s'accompagne de phénomènes morbides du côté de l'estomac.

Nous empruntons à F. Cambay (1), qui était lui-même mérycole, la description suivante :

« Lorsque l'acte va commencer, l'homme ruminant éprouve un sentiment de plénitude. S'il cherche à observer ce qui se passe en lui, il remarque une sensation de gêne et une sorte de contraction de l'estomac qui semble réagir sur les aliments qui l'ont distendu, puis une légère assistance de la part du diaphragme et des muscles abdominaux, à l'aide de laquelle une petite quantité d'aliments est refoulée vers le cardia. Celui-ci cède et lui donne issue par l'œsophage, dont les contractions l'amènent au pharynx qui la porte dans la cavité buccale. Les matières étant arrivées dans la bouche, le mérycole en fait le choix, mâche de nouveau celles qui lui paraissent ne l'avoir été que d'une manière incomplète, pour les avaler de nouveau, tandis qu'au contraire il rejette celles qui paraissent ne pas affecter son goût d'une manière agréable ou qu'il sait devoir être d'une digestion difficile. Les aliments n'arrivent pas de prime abord dans la bouche ; ils restent quelque temps dans le pharynx, et si le mérycole, averti par une gorgée précédente, craint de communiquer à la bouche une sensation d'amertume qui est quelquefois très grande, il peut les avaler de nouveau sans qu'ils soient parvenus dans la cavité buccale »..... « Mais c'est ordinairement avec un sentiment de plaisir qu'il fait ainsi, pendant quatre ou six heures (*), repasser par la bouche les aliments qu'il a ingérés dans son estomac, et qu'il leur fait subir une nouvelle trituration.... Le vomissement involontaire, ajoute Cambay, est une chose très pénible pour moi, tandis que le mérycisme est plus agréable que désagréable : ce qui le prouve, c'est que je puis, avec la plus grande facilité, l'empêcher d'avoir lieu, en m'opposant à la première régurgitation, et que je ne le fais pas. »

Suivant le même observateur, les efforts nécessaires pour l'exercice du mérycisme sont si faibles que, le plus souvent, les personnes présentes ne s'en aperçoivent pas, et qu'ils ne sont perçus par le mérycole lui-même que quand il s'observe. Pour Cambay, le diaphragme et les muscles abdominaux n'ont plus d'action une fois que l'acte est établi, mais il faut un léger effort pour qu'il s'établisse, et alors ils y coopèrent. « Chez moi, dit-il, le mérycisme est sous la dépendance de la volonté, en ce sens que je puis à mon gré le produire ou l'empêcher d'avoir lieu ; mais le plus souvent il s'exécute sans ma participation, c'est-à-dire sans que j'y fasse attention, l'effort par lequel il commence étant si faible d'ordinaire qu'il ne réveille pas mon attention. »

(1) *Sur le mérycisme et la digestibilité des aliments.* Thèse inaugurale. Paris, 11 août 1830, n° 213, p. 13.

(*) Chez l'homme, la durée de la rumination paraît varier avec la digestibilité des divers aliments.

Après cet exposé des principaux traits du mérycisme chez l'homme, nous croyons devoir nous borner à indiquer quelques-uns des auteurs qui ont aussi étudié ce phénomène ou qui en ont rapporté des exemples; tels sont : Fabrice d'Aquapendente (1), Conrad Peyer (2), Sennert (3), Pipelet (4), Percy et Laurent (5), Roubieu (6), Decasse (7), Elliotson (8), Heiling (9), Vincent (10), etc.

Vomissement.

On sait que la réjection par la bouche du contenu de l'estomac est un phénomène physiologique et normal chez un assez grand nombre d'animaux. C'est ainsi, par exemple, qu'on voit, dans certaines espèces, les parents ne donner la nourriture à leurs petits qu'après en avoir eux-mêmes commencé la digestion : les abeilles avalent du pollen, puis le dégorgent élaboré et mêlé avec du miel, pour nourrir leurs larves ; les guêpes et les bourdons paraissent procéder d'une manière analogue; les pigeons, la plupart des échassiers, plusieurs passereaux et quelques palmipèdes ramollissent dans leur jabot les matières qu'ils ont avalées, leur font subir une demi-digestion, et, après les avoir converties en une sorte de bouillie, les vomissent pour les porter dans le gosier de leurs petits. Beaucoup d'insectes rejettent aussi le contenu de leur estomac, mais dans des vues toutes différentes : ainsi, certaines chenilles rendent par la bouche, lorsqu'on les excite, une humeur verte qui n'est que du chyme ou du suc des feuilles déjà dissoutes dont elles font leur nourriture; elles cherchent de la sorte, dit-on, à éloigner et à dégoûter leur ennemi. Il en est de même de plusieurs orthoptères, des sauterelles, des criquets et grillons ; la matière brune ou verte qu'ils vomissent quand on les touche, se retrouve dans les cæcums multiples qui avoisinent leur gésier. Les résidus des aliments ne peuvent être expulsés de la cavité digestive que par un mouvement rétrograde, c'est-à-dire par le vomissement, chez les animaux privés d'anus, comme les polypes, les actinies, les méduses. Le même acte est normal aussi chez les oiseaux de proie, qui, avalant des animaux entiers ou par lambeaux considérables, en rejettent, quelques heures après, les plumes, les poils et les principaux os roulés en peloton, après avoir en quelque sorte épuisé tout ce qui, dans les substances ingérées, était propre à la nutrition.

Chez l'homme et les Mammifères, le vomissement est un acte violent, spasmodique, par lequel les matières contenues dans l'estomac, lancées à travers l'œsophage et le pharynx, sont rejetées au dehors. Son caractère convulsif, le trouble marqué qui l'accompagne, exigent qu'on le considère comme un phénomène anormal ou pathologique, dont la théorie et le mécanisme regardent néanmoins le physiologiste.

Le vomissement s'annonce par une sensation particulière qui est la *nausée*, sensation accompagnée de malaise et d'anxiété générale. Il y a de l'oppression, de

(1) *Opera omnia: De varietate ventric. et intestin.*
(2) *Merycologia, sive de ruminantibus et ruminatione commentarius*, Basileæ, 1685.
(3) *Medic. prat.*, lib. III, p. 1, § 2, cap. 8.
(4) *De vomituum diversis speciebus accuratius distinguendis*, 1786.
(5) *Dict. des sc. méd.* en 60 vol., t. XXXII, p. 526, art. MÉRYCISME.
(6) *Annales de la Soc. de méd. prat. de Montpellier*, t. IX, année 1808, p. 283 et suiv.
(7) FRORIEP, *Notizen*, t. XLVII, p. 95.
(8) *Ibid.*, t. XLV, p. 337.
(9) *Ueber das Wiederkauen bei Menschen*, Nuremberg, 1823, p. 16.
(10) *Comptes rendus de l'Institut*, t. XXXVII, 4 juillet 1853.

la douleur à la région épigastrique; la face devient pâle, le pouls petit et faible; la bouche se remplit de salive; survient ensuite une inspiration forte et parfois sonore, pendant laquelle l'air pénètre dans la poitrine pour y rester emprisonné par le resserrement subit de la glotte. Le *diaphragme*, les *muscles abdominaux*, l'*œsophage*, etc., entrent immédiatement et simultanément en contraction. Pendant ce temps, la respiration est suspendue, et la cavité du ventre est resserrée de toutes parts, comme dans le phénomène de *l'effort*. Sous la pression brusque des puissances musculaires, les matières contenues dans l'estomac sont lancées à travers le cardia; l'œsophage s'en emplit; le cou s'étend, le larynx est porté en avant, l'isthme du gosier se dilate en même temps que le voile du palais tendu se relève pour protéger les arrière-narines; enfin, la bouche s'ouvre largement et laisse passer les matières qui s'échappent au dehors.

Tous ces phénomènes se succèdent si rapidement et dans un intervalle de temps si court, qu'ils paraissent se produire ensemble et se confondre en un seul. Mais les matières ont à peine été rejetées que la glotte s'ouvre, l'expiration s'accomplit, et il survient aussitôt un sentiment de détente et de soulagement. Quelquefois néanmoins, l'arrivée subite des matières n'ayant pas donné au voile du palais le temps de se contracter et de s'appliquer contre la paroi postérieure du pharynx, celles-ci pénètrent dans les fosses nasales; d'où une certaine anxiété respiratoire, mêlée de dégoût, qui dure encore quelques instants après la réjection.

Est-il besoin, après cette courte description, de faire observer que cet acte, dans lequel des substances liquides ou demi-solides franchissent si vite contre les lois de la pesanteur un trajet de direction opposée à leur cours normal, réclame nécessairement pour son accomplissement l'intervention de puissances énergiques? En effet, un certain nombre d'organes y prêtent leur concours, mais comme on le pense bien, dans une mesure inégale. C'est à déterminer le rôle de chacun d'eux que nous allons tout d'abord nous appliquer, en passant rapidement en revue les données principales que possède la science sur cette question, objet de si nombreuses controverses parmi les physiologistes.

En indiquant tout à l'heure les principaux agents d'expulsion qui interviennent dans le vomissement, nous avons omis les contractions de l'estomac. Cependant, jusque vers la fin du XVII^{e} siècle, on avait regardé le vomissement comme le résultat d'une contraction brusque, violente et convulsive de ce viscère. Cette opinion, généralement acceptée sans contrôle, n'avait guère, pour s'appuyer directement, que quelques expériences de Wepfer (1) et de Perrault (2). Le premier de ces auteurs avait observé les contractions de l'estomac, et, sur un animal vivant, il avait vu cet organe, quoique soustrait à l'action des parois du ventre, se vider de son contenu. Perrault, de son côté, disait avoir vu le vomissement se produire après la division du diaphragme ou pendant l'état de repos de ce muscle; et selon lui, la division des parois abdominales n'avait pas non plus empêché le vomissement. C'est alors que François Bayle (3), professeur à l'université de Toulouse, et médecin versé dans la pratique des vivisections, s'éleva contre les idées reçues. Sur un chien en proie aux efforts du vomissement, il introduisit le doigt dans l'estomac de l'animal et n'y sentit aucune contraction. Il vit ensuite, qu'en ouvrant largement le ventre, le vomissement ne pouvait plus avoir lieu, et qu'il reparaissait dès qu'à

(1) *Hist. cicut. aquat.*, etc., p. 251, Bâle, 1679.
(2) *Essais de physique et de mécanique*, t. III, p. 134.
(3) *Dissert. sur quelques points de physique et de médecine*, Toulouse, 1681.

l'aide d'une suture, on avait refermé les parois abdominales. Bayle conclut de ses recherches que les muscles abdominaux peuvent, seuls, expulser les matières contenues dans l'estomac, et que cet organe lui-même est inactif dans l'acte du vomissement auquel il reste étranger.

Quelques années après, Chirac (1) institua des expériences confirmatives de celles de Bayle, que d'ailleurs il paraît avoir ignorées. Il crut constater aussi que pendant le vomissement, l'estomac n'était le siége d'aucune contraction; mais il lui parut être aplati par le mouvement du diaphragme et la contraction des muscles abdominaux. Duverney (2), tout en attribuant une certaine part d'action à l'estomac, reconnut, avec Chirac, que cet organe, pressé entre le diaphragme et les muscles abdominaux qui se contractent sur lui, laisse, en effet, échapper ainsi brusquement les matières contenues dans sa cavité.

Plus tard Benjamin Schwartz (3) apporta également à l'opinion nouvelle l'appui de ses expériences. Il remarqua que le vomissement devient impossible quand, sur un animal vivant, on a fait sortir l'estomac du ventre, et que, si alors on presse cet organe avec la main, on détermine l'expulsion de son contenu. Il s'assura que l'ouverture œsophagienne du diaphragme n'était point resserrée pendant la contraction de ce muscle, et fit observer, avec beaucoup d'exactitude, que le vomissement s'effectue, dans un intervalle très court, entre l'inspiration et l'expiration, à l'aide du diaphragme et des muscles abdominaux. Toutefois, sans les admettre comme essentiels, Schwartz observa les mouvements de l'estomac durant l'acte du vomissement. « Inter conditiones (dit-il), quæ vomitum adjuvant, ipsius » ventriculi adstrictio, si adest, omnino recenseri meretur. Hæc ante conatus vo- » mendi rarissime detegi potest, sed dum illi fiunt, cum magna satis constantia » oriri solet. Imprimis pylorus et modica pars ventriculi ante eum, fortius, debilius » se alternis adstringere et dilatare incipit, eunte hoc motu plerumque a pyloro re- » trorsum fundum versus, et arcente id, quod forte in duodenum prolabi vellet. » (*Loc. cit.*, p. 327.)

Au contraire, Lieutaud (4) combattit la doctrine de Bayle; mais il ne produisit que des raisonnements contestables et non des expériences. On ne saurait rien conclure de l'exemple qu'il cite d'une femme tourmentée de nausées, dont l'estomac était rebelle au vomissement provoqué, parce qu'il le supposait paralysé. Cette observation, qu'on a reproduite avec trop de complaisance, est véritablement sans valeur dans la question.

Sans se prononcer d'une manière absolue pour l'une ou l'autre opinion, Haller (5) admit l'action du diaphragme et des muscles abdominaux; mais rappelant l'attention sur les expériences de Wepfer et de Perrault, sur les objections de Lieutaud, il insista particulièrement sur le mouvement *antipéristaltique* de l'estomac et lui reconnut la faculté d'effectuer quelquefois le vomissement. Cette dernière manière de voir semble ranger Haller parmi les partisans de la doctrine ancienne: il n'avait en réalité qu'une opinion mixte dans la question.

Quelques expériences faites par Portal (6) tendaient à rendre à l'estomac le rôle

(1) *Ephemerid. nat. curios.*, dec. II, an IV, p. 247, 1686. — *Mém. de l'Acad. des sciences de Paris*, ann. 1700.

(2) *OEuv. anat.*, t. II, p. 558, Paris, 1761.

(3) *De vomitu et mot. intestin.*, Lugd. Bat., 1745. — In HALLER, *Disput. anat.*, t. I, p. 31[illegible]

(4) *Mém. de l'Acad. des sciences*, Paris, 1752, p. 226.

(5) *Loc. cit.*

(6) *Mémoires sur la nature et le traitement de plusieurs maladies*, t. II, p. 314.

ictif que lui avaient refusé Bayle et Chirac, et que Haller lui avait encore en quelque sorte restitué. Mais ces expériences n'ont pas un grand degré de précision; et quand Portal affirmait que l'expulsion des matières avait lieu pendant l'expiration, il avait été réfuté d'avance par Schwartz, comme nous l'avons vu plus haut.

Vers la même époque où Portal publiait son mémoire, l'immortel J. Hunter (1), faisant allusion à l'opinion vraie, celle de Bayle, s'exprimait en ces termes : « Si l'on met l'estomac à découvert chez un animal vivant, ce viscère paraît peu agité ou affecté, lors même qu'on le touche avec la main ou qu'on l'irrite d'une autre manière..... Cependant l'estomac peut se vider tout d'un coup, mais cet effet est produit par l'action des muscles abdominaux et de plusieurs autres..... *L'action du vomissement est accomplie entièrement par le diaphragme et par les muscles abdominaux...* Aucune autre force n'est requise pour vider l'estomac dans le vomissement; ces muscles sont même souvent capables de chasser les intestins eux-mêmes hors de l'abdomen et de produire ainsi une hernie. Il n'est pas nécessaire que l'estomac lui-même agisse avec violence pour que les matières qu'il contient soient évacuées; *il n'est pas même nécessaire qu'il agisse le moins du monde.* En effet, ce ne sont point les poumons eux-mêmes qui agissent lorsqu'une matière étrangère doit être rejetée par l'expectoration, et *la toux est aux poumons ce que le vomissement est à l'estomac.* Les muscles de la respiration sont les parties actives dans l'acte par lequel les poumons sont vidés, et ils peuvent agir, soit d'une manière naturelle, soit d'une manière anormale : les muscles du thorax et de l'abdomen n'agissent pas naturellement sur les matières contenues dans l'abdomen; mais souvent, par une action anormale, ils produisent la sortie des matières contenues dans les viscères de cette cavité. »

En 1813, Magendie (2), étudiant le mécanisme du vomissement, reproduisit d'abord les expériences de Bayle, de Chirac, de Schwartz, de Duverney, et en obtint les mêmes résultats. Dans une première expérience, ayant porté le doigt sur l'estomac, par une petite ouverture faite à la ligne blanche, il ne sentit aucune contraction de cet organe, mais il reconnut la pression exercée par le diaphragme et les viscères abdominaux. L'incision étant agrandie, il vit l'estomac augmenter de volume par la déglutition de l'air pendant les efforts du vomissement, mais il ne remarqua aucune contraction sensible du ventricule.

Sur un autre chien, auquel il venait d'injecter de l'émétique dans les veines, Magendie incisa la paroi abdominale et attira l'estomac hors de la plaie. Les nausées survinrent suivies d'efforts continus et violents; mais, conformément aux observations de Schwartz, le vomissement ne put avoir lieu : l'estomac resta complétement immobile. Il en conclut que l'estomac soustrait à l'action du diaphragme et des muscles abdominaux est inhabile à expulser son contenu.

Magendie lia les nerfs phréniques : paralysant ainsi le diaphragme, il vit le vomissement, plus faible il est vrai, s'opérer par les seuls muscles abdominaux. Puis, faisant la contre-épreuve, il enleva la ceinture musculaire de l'abdomen, laissant intacts le péritoine et la ligne blanche, ainsi que les nerfs phréniques : il observa alors l'estomac immobile et pressé par le diaphragme dont les contractions ne le vidaient qu'incomplétement. Dans une autre expérience, il constata l'impossibilité absolue du vomissement après avoir, par la ligature des nerfs phréniques,

(1) *Œuv. complètes*, trad. franç., par RICHELOT, t. IV, p. 161, Paris, 1843; dans *Observations on certain parts of the animal œconomy.*

(2) *Mém. sur le vomissement*, Paris, 1813.

paralysé l'action du diaphragme et détruit en même temps les muscles abdomi naux : l'émétique injecté dans les veines ne produisit que quelques nausées.

Voulant prouver que le vomissement peut s'effectuer sans le secours de l'esto mac, Magendie fit l'expérience suivante sur un chien, auquel il lia d'abord le vaisseaux gastriques. Il extirpa l'estomac, puis injecta de l'émétique dans les veine et vit se développer des nausées et des efforts de vomissement. Alors, remplaçan l'estomac du chien par une vessie de cochon, modérément remplie d'eau et adap tée à la partie inférieure de l'œsophage par une ligature qui embrassait ce con duit sur un petit cylindre de gomme élastique, il referma par la suture les paro abdominales. Une nouvelle injection d'émétique étant pratiquée, il vit bientôt ce estomac postiche se vider sous les contractions convulsives du diaphragme et de muscles abdominaux. Cette expérience et la plupart de celles qui précèdent on été répétées par Bégin (1), qui en a obtenu les mêmes résultats.

Tantini (2) a reproduit également l'expérience qui consiste à substituer à l'es tomac une vessie. Il n'a observé le vomissement que quand l'orifice cardiaqu était entièrement enlevé avec l'estomac ; mais si la vessie était fixée un peu au-des sous du cardia, il ne constatait que des nausées et des efforts infructueux pou vomir. Il suit de ces expériences que, pour que le vomissement s'accomplisse, un pression d'ailleurs modérée sur l'estomac n'est pas suffisante, mais qu'il faut encor le relâchement des muscles circulaires qui opèrent la contraction du bout inférieu de l'œsophage.

Déjà Maingault (3) avait aussi publié quelques expériences tendant à infirme celles de Magendie. Qu'il nous suffise de dire que Legallois et Béclard, répétan ces expériences, en tirèrent des conclusions tout à fait conformes à celles qu Magendie avait énoncées.

Cet expérimentateur avait attiré l'attention sur l'état de l'œsophage pendant vomissement. Legallois et Béclard (4), pour s'éclairer sur ce point obscur, se livre rent à de nombreuses expériences ; ils en conclurent que l'œsophage se contract pendant le vomissement. Après avoir coupé en travers ce conduit à son extrémit inférieure et l'avoir ramené au dehors, ils virent, en l'absence du vomissemen qu'il était le siége de mouvement alternatifs de resserrement et de dilatation qu se propageaient de sa partie supérieure à sa partie inférieure. Ces mouvemen étaient réguliers, isochrones en quelque sorte à ceux de la respiration. Mais dè que les efforts de vomissement survenaient, ils observèrent que l'œsophage s raccourcissait et était fortement attiré vers le pharynx, et qu'en même temps expulsait des bulles d'air par son extrémité inférieure. Legallois et Béclard recon nurent aussi dans leurs expériences que l'estomac, soustrait à l'action du diaphragm et des muscles abdominaux, était inapte à expulser le contenu de sa cavité, et que pour que le vomissement eût lieu, l'action de l'une ou de l'autre de ces deux puis sances suffisait : dans ce cas, il n'était besoin que d'une compression modérée si l'estomac n'était pas distendu par une grande quantité de liquide.

Cependant Isid. Bourdon (5) tenta encore de revendiquer, pour l'estomac, l'a

(1) *Dict. des sc. méd.* en 60 vol., art. VOMISSEMENT, t. LVIII, 1822.
Le lecteur trouvera, dans cet article, un historique assez complet des travaux entrepris sur vomissement.

(2) OMODEI, in *Ann. univ. di med.*, 1824. — GERSON, *Magazin der ausland. Literat.*, t. XII p. 93.

(3) *Mém. sur le vomissement*, in-8, 1813.

(4) *Expériences sur le vomissement*. Dans les œuvres de LEGALLOIS, t. II, p. 93, Paris, 183

(5) *Mém. sur le vomissement*, Paris, 1819.

.ivité que lui refusaient la plupart des expérimentateurs que nous venons de 1ommer. Il se fondait sur un cas de cancer squirrheux, occupant toute l'étendue le l'estomac, chez une femme qui, tourmentée de nausées, n'avait pu accomplir e vomissement, malgré les contractions du diaphragme et des muscles abdominaux. Bourdon attribuait cet obstacle à la désorganisation des fibres de la membrane mus-:uleuse de l'estomac, dont il regardait la contraction comme nécessaire pour l'ac-:omplissement de cet acte. Mais Piédagnel (1) enleva à cette observation toute sa valeur, en citant plusieurs cas dans lesquels l'état squirrheux n'avait point empêché e vomissement, et en faisant judicieusement remarquer que l'état des orifices de 'estomac cancéreux pouvait d'ailleurs rendre compte de la possibilité ou de l'im-possibilité du rejet des matières.

On lit dans les *Annales de médecine* de l'Autriche, 1846, qu'on apporta, à 'hôpital de Vienne, une fille qui, dans le but de s'empoisonner, avait pris une quantité considérable d'un acide minéral. Elle fut en proie à des vomissements :ontinuels jusqu'à la mort, et, dans les matières vomies, on trouva les nombreux lébris des membranes de l'estomac. A l'autopsie, il fut constaté que l'estomac 1'existait plus : on ne trouva que de petites portions de ses parois qui étaient unies par des exsudations péritonéales aux viscères environnants et aux parois de l'ab-lomen, de manière à former une cavité communiquant avec l'œsophage. Cette 'emme avait encore vomi dans les dernières heures de sa vie, et pourtant à cette époque, il n'y avait évidemment plus d'estomac contractile.

Enfin Budge, en 1840, a publié, sur le vomissement, un travail (2) dans lequel l admet qu'il y a des cas exceptionnels où l'estomac produit le vomissement par a propre contraction : cela s'observe, d'après lui, quand on a passé une ligature autour de sa portion pylorique. Il reconnaît, du reste, que la cause principale du 'ejet des aliments réside dans la contraction du diaphragme et des muscles abdo-minaux. Mais il prétend avoir toujours aperçu, dans l'estomac, des mouvements qui contribuaient à fermer le pylore et à refouler le contenu dans le grand cul-de-sac et la portion cardiaque. Ainsi, pendant le vomissement, d'après Budge, la portion pylorique se rétrécit et se contracte en s'avançant vers la portion splénique qui reste toujours sans mouvement actif : seulement cette dernière se trouve for-cement distendue, au commencement du vomissement, parce que tout le contenu le l'estomac, ainsi que les gaz introduits pendant les nausées, viennent s'y con-centrer.

Si maintenant nous jetons un coup d'œil sur l'ensemble de ces faits, nous serons acilement convaincus que, contrairement à la doctrine ancienne, cet acte brusque et convulsif, qui est vraiment le vomissement, a pour agent d'expulsion la con-traction du diaphragme et des muscles abdominaux. Les expériences de Bayle, de Chirac, de Schwartz, de Magendie, etc., sont positives et ne laissent aucun doute ur ce point. Ces expériences démontrent aussi que le concours de ces deux puis-ances n'est pas indispensable pour que le vomissement s'opère : l'une d'elles peut uffire, comme le prouvent, d'un côté, la contraction isolée du diaphragme, quand n a enlevé la ceinture musculaire de l'abdomen, et, de l'autre, l'action des parois bdominales après la section des nerfs phréniques.

Chez les oiseaux, qui manquent de diaphragme, la contraction des muscles

(1) *Mém. sur le vomissement*, in *Journ. de physiol. de Magendie*, 1821, p. 201.
(2) *Die Lehre vom Erbrechen*. Bonn, 1840.

abdominaux est évidemment suffisante pour produire le vomissement. Quelques ex périences de Krimer (1), ont mis en évidence ce fait confirmé d'ailleurs par certain cas de vices de conformation du diaphragme observés chez l'homme. Rappelons en fin cet autre genre de preuve que, quand on supprime l'intervention simultanée du diaphragme et des muscles abdominaux, le vomissement ne saurait plus s'effectuer.

D'après ce qui précède, on peut déjà pressentir quel est le rôle de l'estomac dan l'acte du vomissement. Il n'est, en effet, pour rien dans ces mouvements violents convulsifs, qui expulsent les matières hors de sa cavité; les expérimentateurs s'ac cordent sur ce point. Mais, de plus, Bayle, Chirac, Schwartz, Magendie, etc., on touché, observé de l'œil, l'estomac pendant le vomissement, et ils l'ont trouvé souven immobile, et quelquefois animé de contractions lentes, continues, toujours inca pables d'en vider instantanément le contenu. Rappelons que Schwartz et Magendie après avoir amené au dehors l'estomac, et l'avoir ainsi soustrait à l'action de puissances musculaires, ont reconnu que le vomissement était alors impossible L'irritation directe de cet organe sur les animaux vivants, comme nous-mêm l'avons souvent constaté et comme bien d'autres l'avaient fait avant nous, ne caus pas le vomissement. De pareils résultats témoignent assez du défaut de participatio de l'estomac dans l'accomplissement de cet acte.

Toutefois, quelques-uns des physiologistes, qui font du diaphragme et de muscles abdominaux les agents essentiels du vomissement, refusent d'admettr ici la passivité absolue de l'estomac, et ils insistent sur ses contractions *anti péristaltiques*. Mais, en regardant ces contractions comme constantes, quell énergie pourraient-elles donc offrir? Elles ressemblent à celles que nou avons décrites à l'occasion des mouvements de l'estomac pendant la digestion elles ont lieu suivant les mêmes lois, et, comme nous l'avons prouvé plu haut, elles ne tendent pas, tant s'en faut, à engager les matières dans la directio de l'œsophage. D'ailleurs, le vomissement est-il donc plus facile chez les animau pourvus des estomacs les plus vigoureux? L'observation a prouvé généralement l contraire, et elle a établi qu'en effet le vomissement est surtout facile, qu'il con stitue même un acte physiologique, chez beaucoup d'animaux dont l'estomac a de parois minces et membraneuses. N'est-il pas également digne de remarque que l vomissement se déclare et devienne en quelque sorte incessant, quand, par la sec tion des nerfs pneumogastriques, on a paralysé la couche musculaire, agent de mouvements de l'estomac? D'après mes propres observations, je sais bien que dans ces cas, il s'agit plutôt de vomituritions que de vomissements propremen dits; mais aussi, en observant attentivement le mode particulier de respiratio chez les animaux que j'avais privés de leurs pneumogastriques, je me sui aisément convaincu qu'alors le diaphragme et les muscles abdominaux sont bie loin d'avoir conservé comme à l'état normal toute leur énergie et leur pléni tude d'action.

Quant aux mouvements de l'œsophage, dans les expériences de Legallois e Béclard on voit mieux les contractions qui se propagent de haut en bas que celle qui remontent dans la direction contraire. Après la section du conduit, le mouve ment de retrait du bout supérieur est-il incontestablement une contraction anti péristaltique? Il a lieu, il est vrai, pendant les efforts du vomissement, mais e même temps il expulse des bulles d'air dans un sens opposé. La paralysie de l'œso

(1) Horn's *Archiv.*, 1821, B. 1, § 239.

phage par la section des pneumogastriques fait à ce conduit la même situation qu'à l'estomac : c'est un fait qui mérite d'être noté.

La coopération principale du tube digestif, dans l'acte du vomissement, consisterait, pour plusieurs physiologistes, dans le relâchement de la partie inférieure de l'œsophage : mais on ignore encore si ce relâchement est dû à un mouvement antagoniste des fibres longitudinales de cette partie, ou s'il n'est qu'une simple cessation de l'action constrictive du sphincter cardiaque. Ruehle (1) croit que les mouvements ascendants de l'œsophage, pendant le vomissement, ont une grande part au relâchement de l'orifice cardiaque.

Ruehle a cherché aussi à déterminer, à l'aide du manomètre, le degré de pression sur l'estomac, nécessaire pour vaincre la résistance de l'orifice cardiaque. Il a expérimenté sur des chiens avant ou pendant le vomissement, et il a toujours trouvé que pendant le vomissement cette résistance était notablement diminuée.

Quoi qu'il en soit, il reste donc, dans l'opinion d'un certain nombre d'auteurs, des doutes sur l'activité de l'estomac et le rôle qu'on attribue aux mouvements de l'œsophage dans le mécanisme du vomissement ; et la science aurait besoin de nouveaux faits pour en établir une démonstration incontestable. A nos yeux, le vomissement est un acte si rapide qu'un temps presque indivisible sépare la cause de l'effet : le spasme et le rejet des matières sont presque simultanés. Or, dans ces conditions, l'estomac est surpris par la pression brusque des puissances musculaires : de ses deux orifices le plus fort résiste, le cardia cède, et les matières lancées avec force parcourent l'œsophage, franchissent le pharynx, s'échappent au dehors. Il est difficile d'admettre, pendant cette convulsion rapide et cet état spasmodique, une dilatation active du cardia et de l'œsophage. Le vomissement est un phénomène éminemment convulsif ; on ne doit jamais oublier ce caractère dans l'étude de son mécanisme. Il est, à ce titre, un acte involontaire. Lieutaud, et après lui Haller, avaient vu là, mais à tort, un argument en faveur de la doctrine de l'activité de l'estomac. Certains individus ont, il est vrai, la faculté de vomir volontairement, et quelques-uns s'en sont même servis pour exécuter des expériences sur la digestion. Mais ces faits n'ôtent rien au vomissement de son caractère spasmodique dans la généralité des cas.

La *portion centrale du système nerveux*, qui préside au vomissement, ne reçoit pas de la même manière toutes les impressions en vertu desquelles cet acte est déterminé. Elles lui arrivent plus ou moins directement, selon le mode d'action des causes qui provoquent le vomissement. Que ce dernier soit l'effet de matières irritantes, indigestes, ingérées dans l'estomac, c'est le pneumogastrique qui transmet l'impression au centre nerveux ; tandis que c'est le sang qui remplit cet office, quand, par exemple, l'émétique a été injecté dans les veines. Dans le cas où l'émétique a été porté dans l'estomac, il paraît agir encore, en vertu de l'absorption, par la même voie.

Souvent le point de départ est hors de l'estomac : on voit le vomissement survenir quand un calcul parcourt l'uretère ou bien les voies biliaires, quand l'utérus renferme le produit de la conception, quand l'iris est blessé dans l'opération de la cataracte, etc. Alors, ce sont autant de conducteurs différents qui vont porter au centre nerveux l'impression qui suscite le vomissement.

(1) TRAUBE, *Beiträge*, Berlin, 1846, p. 55.

Enfin, dans un certain nombre de cas, le système nerveux central semble être affecté directement, sans l'intermédiaire du sang ni des nerfs de sensibilité générale : cela s'observe dans les émotions morales, etc. L'idée d'un objet dégoûtant, le souvenir, peuvent parfois déterminer le vomissement : après avoir éprouvé violemment le mal de mer, il m'est arrivé, durant plusieurs jours, de vomir au seul souvenir des angoisses que j'avais endurées.

Chez l'homme, le vomissement semble d'autant plus facile qu'on se rapproche davantage de la première enfance. La différence d'aptitude à vomir, à mesure que l'on avance en âge, a été bien gratuitement rapportée, par Schultze (1), à de prétendues variétés de forme que prendrait l'estomac aux divers âges de la vie.

On sait qu'il est des personnes chez lesquelles le vomissement ne peut s'effectuer. Cet acte, qui se produit si facilement chez les carnassiers, n'a lieu qu'avec une grande difficulté chez la plupart des herbivores : le cheval ainsi que les ruminants ne vomissent qu'exceptionnellement.

La *régurgitation* a la plus grande analogie avec la rumination, dont elle ne diffère peut-être que parce qu'elle est un phénomène passager ou accidentel, et que les matières solides ne sont pas soumises, comme dans la rumination, à une mastication nouvelle. La régurgitation est fréquente chez les enfants à la mamelle, et on l'observe à tout âge quand l'estomac, rempli outre mesure de substances solides ou liquides, cède à quelque effort qui en fait remonter le contenu vers le pharynx et jusque dans la cavité buccale. C'est le même phénomène qui arrive chez les animaux auxquels on lie l'estomac, et qu'on observe aussi parfois, au lieu du vomissement, chez les individus atteints de hernie étranglée. Les puissances musculaires qui agissent dans l'acte du vomissement prêtent aussi leur concours à celui de la régurgitation. Seulement la volonté paraît pouvoir jouer ici un certain rôle : il est, en effet, des individus auxquels il suffit d'exécuter d'abord une grande inspiration, puis, en retenant l'air dans leur poitrine, de contracter les muscles de l'abdomen, pour ramener dans la bouche une partie du contenu de l'estomac.

L'*éructation* est la sortie brusque et sonore, par la bouche, des gaz venus de l'estomac ; c'est un vomissement gazeux, si l'on peut dire ainsi. Dans leur expulsion, ces gaz remontent l'œsophage, et, arrivés au point où ce conduit s'ouvre dans le pharynx, ils font vibrer les bords contractés de cette ouverture, et produisent leur bruit habituel par un mécanisme analogue à celui des anches membraneuses. Par leur pesanteur spécifique, les gaz occupent dans l'estomac la couche supérieure, le point le plus élevé, quelle que soit d'ailleurs l'attitude du corps. L'éructation peut aussi provenir de l'expulsion de gaz venus du dehors et dont on a opéré la déglutition : il est des personnes qui possèdent la faculté d'avaler de l'air à volonté et de le faire remonter à leur gré dans le pharynx et dans la bouche.

MOUVEMENTS DES INTESTINS.

Lorsque les aliments ont fait, dans l'estomac, un séjour dont la durée varie avec leur nature et que leur fluidification est plus ou moins avancée, peu à peu l'orifice pylorique leur livre passage. Ils sont alors poussés dans le duodénum, puis au delà, pour se trouver bientôt en présence de la bile, du suc pancréatique

(1) *Sur l'acte et la différence du vomissement*, dans *Gazette méd.*, p. 518, 1835.

et du suc intestinal, nouveaux agents modificateurs dont nous aurons plus tard à déterminer les usages.

Alternativement resserré dans un point et renflé dans un autre, le canal intestinal déplace les matières contenues dans son intérieur, les brasse, les mélange intimement avec les divers fluides digestifs, et ainsi les désagrége de plus en plus, de manière à faciliter leur dissolution et partant leur absorption, but ultime de la fonction digestive. Mais, dans leur long parcours, comme les matières alimentaires se dépouillent peu à peu de leurs éléments nutritifs par l'absorption, et qu'elles finissent par laisser un résidu (fèces), les contractions successives de l'intestin, dans une direction déterminée, doivent donc avoir encore un autre but, celui de concourir à l'élimination de ces parties excrémentitielles.

Du reste, les mouvements des intestins présentent un rhythme particulier sur lequel se règlent le mode et la vitesse de progression des matières, ainsi que la durée de leur séjour; ils perfectionnent ainsi la digestion et la prolongent assez pour que les fluides digestifs aient le temps d'agir sur les aliments, et les villosités celui d'absorber les principes assimilables. Ce n'est que dans des conditions exceptionnelles, par exemple dans les cas où une vive excitation nerveuse se propage à l'intestin, qu'on voit les mouvements de ce dernier acquérir une trop grande rapidité et par là troubler le travail intestinal : c'est ainsi que survient la diarrhée dans les fortes émotions morales, etc.

Il ne faudrait pas, dans l'étude des contractions de l'intestin, s'en rapporter à ce qu'on voit sur un animal qui vient d'expirer, et dont le ventre a été largement ouvert. Là, ne s'observe aucune régularité, aucun rhythme déterminé; tout est désordre, confusion, et nul doute qu'une telle rapidité de contraction, qui bientôt s'étend à toute la masse intestinale, ne saurait s'accommoder avec la lenteur du travail digestif et absorbant.

Les choses ne se passent point de la même manière chez l'animal vivant. D'abord le mouvement vermiculaire des intestins est bien moins actif, puis il ne se propage jamais dans toute leur longueur; au contraire, il a lieu tantôt dans un point, tantôt dans un autre, et conséquemment dans des limites toujours assez restreintes. Les périodes d'immobilité sont même souvent plus longues que les périodes de mouvement. Quant au mouvement lui-même, il se compose de contractions *péristaltiques* et *antipéristaltiques* qui servent, les premières, à faire cheminer les matières vers la partie inférieure du tube digestif, et, les secondes, à les faire remonter pour bientôt redescendre, entraînées qu'elles sont par de nouvelles contractions péristaltiques. Celles-ci ont, en effet, une prédominance d'action assez marquée sur les autres pour déterminer la progression de la bouillie alimentaire dans un sens définitif, c'est-à-dire de l'estomac vers le gros intestin. Aussi, à une certaine période de la digestion, surtout chez les herbivores, le tiers supérieur de l'intestin grêle est-il à peu près vide, et les matières se trouvent-elles accumulées dans ses deux tiers inférieurs jusqu'à l'iléon contracté. Une fois poussées de l'iléon dans le cæcum, ces mêmes matières ne sauraient plus rentrer dans l'intestin grêle, à cause de la présence d'une valvule dont le mécanisme est tel que, plus l'intestin est distendu, plus elle oppose de résistance à une pareille rétrogradation. Du reste, quand il est arrivé dans le gros intestin, le résidu des aliments s'y accumule en grande quantité, car il y trouve diverses causes de ralentissement que la nature a multipliées, afin de nous épargner les incommodités qui résulteraient d'évacuations trop fréquentes. Ce ralentissement est surtout occasionné par la direction des

côlons ascendant et transverse, par la forme singulière de l'S iliaque du côlon, par les rides transversales, saillantes en dedans, qui séparent les unes des autres les cellules du gros intestin, et par la présence d'une vaste ampoule rectale dans laquelle peuvent se masser des matières qui ont eu le temps de céder de plus en plus aux absorbants une partie des liquides qui les imprégnaient, et de prendre de la consistance pour former les pelotes stercorales.

On admet généralement qu'à l'état normal les mouvements des intestins sont surtout sollicités par le contact des matières alimentaires avec la muqueuse intestinale, qu'ils sont aussi excités par la présence de la bile ; et, à l'appui de cette manière de voir, on rappelle que, dans les cas d'anus contre nature, le bout inférieur de l'intestin ne se vide que de loin en loin du produit de la sécrétion muqueuse, ou bien encore que les aliments imparfaitement chymifiés activent les contractions et la sécrétion intestinales, au point d'amener la diarrhée. La plupart des expérimentateurs assurent aussi que l'application immédiate d'un irritant chimique ou mécanique sur l'intestin détermine une contraction qui se manifeste, tantôt par une dépression locale, tantôt par un resserrement circulaire quelquefois assez prononcé pour que l'intestin semble avoir été étranglé par un fil.

Tout récemment, Schiff (1), professeur à l'Université de Berne, en s'appuyant sur ses propres recherches, a cru devoir ne point partager l'opinion qu'à l'état normal le mouvement des intestins puisse avoir pour cause l'excitation de leur muqueuse par les aliments, ou, en d'autres termes, qu'il s'agisse ici, comme on l'admet, de *mouvements réflexes* de muscles de la vie organique, succédant à l'irritation des fibres sensitives du grand sympathique. « Très souvent, dit-il d'abord, il m'est arrivé de vider le contenu de la vésicule biliaire dans le duodénum, et cet intestin n'a été nullement excité par ce contact ; il est resté aussi immobile qu'auparavant. » Puis, Schiff insiste sur cette expérience, qu'après avoir coupé l'intestin en travers, et avoir attendu que la contraction consécutive à la blessure eût cessé, il a pu irriter avec une sonde la membrane muqueuse intestinale, sans jamais produire aucun mouvement. A cela, je pourrais répondre que la nature spéciale de l'excitation ou de la sensation doit être prise en sérieuse considération dans l'étude des *effets réflexes*, et qu'une sonde promenée sur la muqueuse intestinale ne saurait y éveiller la même impression que des aliments dont la composition chimique est si différente. Le sperme, en irritant les nerfs sensitifs de la muqueuse de l'urèthre, occasionne la contraction saccadée et convulsive des muscles du périnée, tandis que ni le passage d'une sonde, ni les injections irritantes ne produisent le même effet ; il arrive souvent que tout le corps entre en convulsion, quand on chatouille les flancs ou la plante des pieds, et pourtant on n'observe ordinairement rien de semblable quand ces mêmes parties sont ou enflammées ou blessées ; la titillation du conduit auditif externe, à l'aide des barbes d'une plume, suffit souvent pour faire tousser, mais si ce conduit devient le siége d'une vive inflammation ou de douleurs violentes, alors la toux sympathique n'a plus lieu, etc. Ces exemples devront suffire pour démontrer combien il importe, en effet, de conclure ici avec réserve et de tenir compte de la spécialité de l'excitation ou de la sensation, en présence des phénomènes dont il s'agit.

(1) Communication écrite.

C'est un fait, bien souvent constaté par nous, que l'intestin rempli d'aliments peut se contracter énergiquement par la stimulation des nerfs qui l'animent, tandis que, s'il est vide, les effets sont négatifs. Pour Schiff, cela ne prouverait rien contre son opinion : ce n'est pas, d'après lui, l'entrée du chyme et l'excitation immédiate de la muqueuse intestinale qui font contracter l'intestin; ou bien, s'il en était ainsi, ce dernier devrait réagir aussitôt, au lieu de rester immobile pendant longtemps quoique rempli : c'est un état des intestins consécutif à l'introduction du chyme, c'est-à-dire leur turgescence sanguine, entraînant l'excitabilité plus grande des nerfs mésentériques, qui est cause des contractions intestinales.

Si les mouvements des intestins deviennent, en général, bien plus énergiques après la mort qu'ils ne l'étaient durant la vie, c'est, suivant Fontana, qu'il y a rupture d'équilibre entre les fibres musculaires de l'intestin et le sang, rupture qui est la conséquence nécessaire de la cessation de la circulation. Pour d'autres, la plus grande excitabilité de la tunique musculeuse de l'intestin, aussitôt après la mort, devrait être attribuée à l'influence du sang veineux.

« La seule cause de ces mouvements exagérés, dit Schiff, provient de la cessation ou de l'affaiblissement de la circulation dans les fibres musculaires de l'intestin. J'ai démontré que, si l'on comprime pendant quelque temps l'aorte abdominale d'un animal vivant, on peut exciter des contractions intestinales aussi prononcées que celles que l'on observe immédiatement après la mort, et que, si l'on cesse la compression, l'intestin redevient tranquille. On peut répéter plusieurs fois la même expérience sur le même animal. En suspendant la circulation dans une anse intestinale isolée, on verra cette anse entrer toute seule en mouvement. »

D'après le même expérimentateur, on ne saurait faire dépendre les mouvements de l'intestin du contact de l'air sur sa face externe. Si l'animal vient de mourir, ils se produisent avec une égale vivacité, que le péritoine et le diaphragme soient encore intacts ou non ; on ne saurait davantage les attribuer au refroidissement de l'intestin après l'ouverture du péritoine, puisqu'ils ont également lieu quand on prend la précaution d'ouvrir les animaux dans un lieu chauffé à 40 degrés centigrades. Si l'animal est vivant, ni le contact de l'air, ni le refroidissement à l'air libre, ne rendent plus actives les contractions de l'intestin, qui, au contraire, deviennent des plus énergiques dès que l'animal est mis à mort. Si l'on étend sur le dos un jeune lapin vivant, on ne peut distinguer à travers les parois abdominales, toutes minces qu'elles sont, aucun mouvement de l'intestin; mais si, sans avoir ouvert l'abdomen ni donné accès à l'air, on tue instantanément l'animal, on constate aussitôt, à travers la paroi antérieure du ventre, les contractions intestinales les plus manifestes.

Quant à l'*influence du système nerveux* sur les mouvements du canal intestinal, il faut savoir qu'à toute la portion de ce canal nommée *intestin grêle*, et à la plus grande longueur de son autre portion appelée *gros intestin*, se distribuent des rameaux nerveux émanés du nerf grand sympathique (*); tandis qu'à l'extrémité anale du gros intestin, aboutissent, en plus, des nerfs spinaux qui proviennent

(*) Cependant quelques filets directs et terminaux des pneumogastriques paraissent se distribuer au commencement du duodénum. Aussi, la première partie de cet intestin et la portion pylorique de l'estomac offrent-elles le plus souvent des contractions simultanées.

directement, surtout des troisième et quatrième branches antérieures sacrées.

Brachet (1) croit que le grand sympathique n'influence en rien les mouvements de l'intestin grêle, qui sont, au contraire, dit-il, sous la dépendance *immédiate* du système nerveux cérébro-spinal. Selon ce physiologiste, le pneumogastrique présiderait aux contractions de la portion supérieure de l'intestin grêle, et la *moelle épinière à celles de la portion inférieure :* le grand sympathique n'aurait de l'influence que sur l'absorption, l'exhalation et la sécrétion intestinales.

Nous sommes loin de partager un pareil sentiment, et voici les raisons toutes expérimentales ou anatomiques qui nous en éloignent. Si le grand sympathique était réellement étranger aux mouvements de l'intestin grêle, n'est-il pas manifeste que les irritations mécaniques, chimiques ou galvaniques, portées sur ce nerf, ne devraient rien changer à l'immobilité de l'intestin mis à nu? Au contraire, aussitôt qu'ont cessé ses mouvements vermiculaires, ordinairement attribués à l'impression de l'air atmosphérique, vient-on à déposer de la potasse caustique sur les ganglions solaires, ou bien à galvaniser les grands nerfs splanchniques, on voit, au bout de quelques secondes, les contractions de tout l'intestin grêle reprendre leur vivacité. J. Müller (2) a exécuté ces expériences avec succès sur des lapins ; nous les avons reproduites avec le même succès sur des chiens. Toutefois, à ceux qui voudraient les répéter, nous dirons qu'elles nous ont réussi dans les cas où l'intestin renfermait des matières alimentaires, et non quand il était vide. Elles sont concluantes, à notre avis, pour prouver l'action motrice du grand sympathique (au moins à titre conducteur) sur l'intestin grêle ; car, puisque, comme nous l'avons constaté, ses mouvements sont aussi réveillés par la stimulation électrique de la moelle épinière, puisque les maladies de cette dernière les affaiblissent ou les paralysent (3), et qu'alors survient fréquemment une dilatation considérable de l'intestin due à l'inertie de sa tunique musculeuse et à la constipation opiniâtre qui en résulte, il faut bien reconnaître que le foyer de la précédente action motrice est dans le centre nerveux spinal. Mais, au moins, entre celui-ci et l'intestin, nous admettons un conducteur qui est le grand sympathique, tandis que Brachet oublie d'en mettre un quelconque pour la portion inférieure de l'intestin grêle dont, suivant ses paroles, l'action contractile est soumise à la moelle. Or, l'anatomie exacte démontre que la portion inférieure de l'intestin grêle ne communique avec la moelle qu'à l'aide de filets du grand sympathique : on doit donc admettre, contre l'opinion de Brachet, qu'ici ce nerf est destiné au moins à conduire, à la portion d'intestin désignée, la force nerveuse motrice que cet auteur lui-même fait provenir de la moelle épinière ; et que, par conséquent, on ne saurait avancer que le grand sympathique n'influence en rien les mouvements de l'intestin grêle. Les simples notions anatomiques, sans les expériences que nous avons citées, suffiraient pour empêcher de donner son adhésion à cette assertion erronée.

Du reste, les mouvements dont il s'agit sont comme ceux du pharynx, de l'œsophage et de l'estomac, des mouvements involontaires qui dépendent de cette faculté spéciale de l'axe cérébro-rachidien qu'on désigne sous le nom de *pouvoir réflexe* (*).

(1) *Rech. expérim. sur le syst. nerv. gangl.*, 2e édit., p. 272.
(2) *Physiol. du syst. nerv.*, trad. de JOURDAN, t. I, p. 121 et suiv.
(3) *Traité des maladies de la moelle épinière*, par Ollivier (d'Angers), *passim*.
(*) Voir, dans le t. II, le chapitre qui traite spécialement *du pouvoir et des mouvements reflexes*.

Quant à la participation du grand sympathique, elle est nulle en ce qui regarde la contraction du sphincter externe du rectum et le mode de sensibilité particulière qui se rattache au besoin de la défécation. De pareils actes réclamaient la présence et le concours des nerfs de la vie animale, et, jusqu'à un certain point, l'intervention de la volonté.

Budge (1) et G. Valentin (2) assurent qu'on peut exciter les contractions des intestins, à l'aide de la stimulation directe des tubercules quadrijumeaux, des corps striés ou des couches optiques; Schiff (3) en dit autant du bulbe rachidien, de la protubérance annulaire, des pédoncules du cerveau et du cervelet, seulement il n'a jamais vu le mouvement intestinal devenir plus vif par suite de l'excitation directe des corps striés.

Mes recherches sont loin d'avoir levé tous mes doutes sur la réalité de pareilles influences, et ici, une relation de cause à effet m'a toujours paru bien difficile à établir. Dans les résultats que j'ai obtenus, il y a eu une telle inconstance qu'il m'est impossible d'admettre de semblables assertions comme établies sur des preuves concluantes. Il est vrai que mes expériences ont été faites sur des chiens et des lapins, et non sur des chats, que ces auteurs semblent recommander comme plus propres à ces sortes d'investigations.

Quant à mes expériences et à celles de Schiff, touchant l'influence de la moelle épinière et des nerfs eux-mêmes sur les mouvements intestinaux, elles s'accordent pour établir ce qui suit : L'excitabilité des nerfs qui se distribuent aux intestins est sujette à des oscillations ; elle cesse, s'épuise et reparaît à certains intervalles. Aussi, parfois n'obtient-on aucun résultat de la stimulation électrique ou mécanique de la moelle, ce qui ne veut pas dire, comme l'ont cru certains expérimentateurs, que cet organe soit ici sans action, et que le grand sympathique soit seul influent, car alors l'excitation de ce dernier nerf donne également un résultat négatif. Mais, d'autres fois et sur le même animal, surtout quand une anse intestinale commence à entrer spontanément en contraction, si l'on excite soit la moelle, soit le grand sympathique, il survient des mouvements ondulatoires tellement vifs qu'on n'en observe jamais de pareils, sur l'animal vivant, sans stimulation nerveuse directe. C'est ainsi qu'on peut ranimer les mouvements de l'intestin grêle et du cœcum, en stimulant les portions cervicale et dorsale de la moelle, ou bien ceux du reste du gros intestin en excitant la portion lombaire.

Défécation.

Les matières fécales, parvenues à la dernière portion du canal intestinal, sont rejetées au dehors et c'est à leur expulsion qu'on donne le nom de *défécation.*

La défécation est un acte essentiellement éliminatoire ; c'est l'acte ultime de la fonction digestive.

Les fèces ne sont expulsées qu'à des intervalles variables ; le plus ordinairement une ou deux fois dans les vingt-quatre heures. Cette évacuation a lieu souvent d'une manière régulière, et l'habitude semble avoir beaucoup d'influence sur son retour périodique. Chez quelques individus, elle ne se reproduit que tous les deux,

(1) *Untersuchungen über das Nervensystem*, p. 149, 152. 1841.
(2) *Repertorium*, etc., t. VI, p. 359.
(3) Communication écrite.

trois, quatre ou cinq jours seulement, et cet état est compatible avec l'intégrité apparente de la santé. Dans quelques cas d'abstinence prolongée, un ou plusieurs mois, plus d'un an même ont séparé deux évacuations; mais ces faits rentrent dans le domaine de la pathologie.

L'intermittence de la défécation a sa cause dans certaines conditions anatomiques du rectum, qu'il est utile de rappeler parce qu'elles nous serviront à expliquer le mécanisme de l'expulsion des fèces.

L'extrémité inférieure du rectum est pourvue de deux muscles annulaires, en état de contraction permanente : ce sont les deux sphincters, l'interne et l'externe. Le sphincter interne a peu d'importance; il ne consiste qu'en un petit nombre de fibres circulaires, et est situé sous les fibres longitudinales de l'intestin, au-dessous du sphincter externe. Quelques auteurs en ont nié l'existence; d'autres le regardent comme une simple condensation des fibres circulaires de l'intestin. Il est pâle, comme les muscles de la vie organique, et, selon Burdach (1), les lésions de la moelle n'ont pas d'influence sur lui. C'est tout le contraire pour le sphincter externe : celui-ci représente un anneau épais, composé de fibres semi-elliptiques se regardant par leur concavité; il entoure le rectum dans une hauteur de 2 centimètres environ.

Au-dessus des sphincters s'élève, en canal étroit, serré, le rectum qui bientôt s'évase en forme d'ampoule, sorte de dilatation dont la dimension est variable, et qui reçoit, comme dans un réservoir, les matières à expulser. Cette partie, qui n'est point bridée par le péritome et qui, en se dilatant, soulève facilement le cul-de-sac que forme cette membrane en passant du rectum aux parties voisines, se présente quelquefois chez les vieillards avec un volume considérable : elle peut être remplie de matières et occuper presque la totalité de l'excavation du bassin.

Telle ne serait pas, selon James O'Beirne (2), la disposition habituelle des parties. C'est, au dire de ce chirurgien, la portion courbe de l'S iliaque du colon qui est le réservoir où s'accumulent les fèces, dans l'intervalle des évacuations. Au-dessous vient une portion vide et contractée, puis la dilatation que nous avons admise, également vide, mais non contractée. Enfin, le reste du rectum jusqu'à l'anus est en état de vacuité et de contraction. Bien que James O'Beirne ait appuyé cette manière de voir de considérations très judicieuses, on ne saurait l'accepter pour la généralité des cas. Rappelons seulement combien il est souvent facile d'atteindre avec le doigt les matières accumulées dans l'ampoule rectale, et de les sentir par le toucher vaginal à travers la cloison, ce qui ne se pourrait si, avant leur expulsion, elles avaient pour réservoir la portion courbe de l'S iliaque du côlon. D'ailleurs les ouvertures des corps ne confirment point les vues du chirurgien irlandais.

Nous sommes avertis de la nécessité de rendre les matières fécales par une sensation particulière qui se confond ici avec le besoin même d'évacuation. Elle est déterminée par le contact des fèces qui de l'ampoule rectale descendent dans la partie sous-jacente. Leur présence, en même temps qu'elle occasionne un sentiment de pesanteur, irrite la muqueuse et sollicite la contraction des puissances expultrices. Le même effet est aussi produit dans certaines conditions et par d'autres causes : ainsi le gonflement de la prostate, un calcul vésical, la

(1) *Traité de physiol.*, trad. franç., t. IX, p. 213.
(2) *New Wiews of the Process of Defecation*. In-8, Dublin, 1833.

saillie de la vessie distendue par l'urine, la tête du fœtus dans l'accouchement, peuvent faire naître le besoin de la défécation. C'est ainsi encore que l'introduction d'un suppositoire dans l'anus provoque la même sensation et amène le même résultat.

L'obstacle à la sortie des matières réside dans la contraction des sphincters, ou mieux du sphincter externe; et c'est pour vaincre cette contraction que convergent les efforts des puissances musculaires qui concourent à la défécation. Dans l'état habituel, la défécation s'opère par l'action péristaltique de l'intestin, aidée de la contraction du diaphragme et des muscles abdominaux. Toutefois, l'intestin peut, dans quelques cas, se débarrasser des fèces sans le secours de ces derniers muscles : les fortes fibres longitudinales du rectum triomphent, à elles seules, de la résistance du sphincter. Le fait est facile à vérifier sur un chien dont le ventre a été ouvert.

Dans l'expulsion des matières, le diaphragme et les muscles abdominaux se contractent simultanément et resserrent dans tous les sens la cavité abdominale : en même temps se produit le phénomène de l'effort. Les viscères abdominaux, poussés en bas et en avant par le diaphragme, en arrière par les muscles de l'abdomen, transmettent cette pression suivant une ligne qui vient tomber dans le petit bassin; une attitude instinctive du corps, dont le tronc s'incline en avant, en favorise la force et la direction. Sous cette pression, le rectum et les matières qu'il renferme sont refoulés, en bas, vers l'anus qu'on voit s'abaisser à chaque effort. Mais, dans le même moment, une autre puissance entre en action et apporte une résistance en sens opposé : c'est la contraction du releveur de l'anus. Les fibres de ce muscle, prenant leur point fixe sur leurs attaches au pourtour du bassin, se redressent en se contractant et portent ainsi en haut l'extrémité inférieure du rectum. En même temps elles ont pour effet de dilater l'orifice anal, et deviennent des auxiliaires efficaces des fibres longitudinales du rectum. Ainsi pressées, sous ces efforts divers, les matières s'engagent à travers l'ouverture du sphincter et parviennent au dehors.

En un mot, la résistance du sphincter cède à l'action de deux forces : l'une, en vertu de laquelle les matières, refoulées par le diaphragme et les muscles de l'abdomen, pressent de haut en bas; l'autre, qui, représentée par le releveur de l'anus et les fibres longitudinales du rectum, porte de bas en haut cet intestin en même temps qu'elle opère la dilatation de son sphincter. La défécation s'accomplit sous l'effort de ces puissances agissant synergiquement.

La muqueuse du rectum, lâchement unie à la couche musculaire sous-jacente, est chez certains animaux, comme le cheval, entraînée sous forme de bourrelet, en même temps que les matières franchissent le sphincter: elle rentre dans l'intestin immédiatement après leur expulsion. Quelquefois chez l'homme, et particulièrement chez l'enfant, ce phénomène se produit accidentellement : il est, dans ce cas, un état pathologique et réclame l'intervention du chirurgien.

La défécation, on le sait, exige de la part des puissances expultrices des efforts proportionnés au degré de consistance, au volume des matières fécales ; il faut aussi tenir compte de la fréquence des évacuations plus ou moins rapprochées. Celles-ci sont d'autant plus difficiles qu'elles sont plus rares. Quand les matières sont liquides ou semi-liquides, elles sont facilement évacuées; dans les cas où le mouvement péristaltique est très énergique, elles sont parfois précipitées au dehors comme un flot : c'est ainsi que, dans quelques cas, les lavements sont rendus. Quelquefois,

dans la dysentérie, par exemple, les évacuations provoquées par l'irritation douloureuse de la partie inférieure du rectum se renouvellent à intervalles très rapprochés; c'est à ce besoin fréquemment renouvelé, et souvent illusoire, qu'on donne le nom de *ténesme*.

La volonté intervient dans l'acte de la défécation : son influence s'exerce sur le sphincter dont nous pouvons, à notre gré, provoquer la contraction, pour retarder ainsi l'évacuation des matières fécales. Cependant cette résistance a des limites au delà desquelles le mouvement péristaltique l'emporte invinciblement. Le sphincter jouit en outre d'un mode particulier d'action qu'on appelle sa tonicité, sorte de tension, commune d'ailleurs à tous les muscles, mais plus prononcée dans les muscles annulaires, qui est permanente et qui ferme l'anus sans l'intervention de la volonté. Ces deux modes d'action du sphincter, la tonicité et la contraction volontaire, sont sous la dépendance de la moelle épinière, par l'intermédiaire des dernières paires sacrées. Aussi, la suppression, par une cause quelconque, de cette influence nerveuse anéantit-elle ces facultés contractiles. On sait quels troubles apportent dans la défécation les affections de la moelle épinière. Ne faut-il pas aussi rapporter à une suspension de l'influx nerveux dans cet organe, les cas où une violente frayeur, une émotion subite entraîne le relâchement des sphincters?

Usages mécaniques des gaz intestinaux.

Lorsqu'on ouvre un animal vivant, qu'il soit à jeun ou en pleine digestion, on reconnaît que son tube intestinal est constamment rempli par des *gaz* dont l'étude, sous le rapport de leur origine et de leur composition chimique, devra nous occuper plus tard. Quant à leurs usages mécaniques, ils se rapportent à la fois aux fonctions locomotrice et digestive.

Les gaz intestinaux concourent, avec les divers replis du péritoine, à soutenir les viscères abdominaux. Dans la marche et surtout dans l'effort, ils jouent, par rapport à l'abdomen, le même rôle que l'air inspiré relativement à la cage thoracique : Ils fixent les parois abdominales et fournissent ainsi un point d'appui résistant aux muscles dont la contraction est indispensable à l'accomplissement de l'effort. La pression à laquelle ils sont alors soumis de dehors en dedans, est des plus énergiques; seulement cette pression, transmise dans tous les sens, est également répartie dans les divers points de l'abdomen.

Lors de la défécation, l'influence mécanique des gaz intestinaux est très puissante: les muscles nombreux qui entrent alors en contraction agissent par transmission de pression sur des organes qu'ils ne touchent pas et qu'ils ne sauraient comprimer douloureusement.

Dans l'expiration, l'action des gaz intestinaux n'est pas moins remarquable : chez les animaux qu'une course rapide a rendus haletants, les mouvements précipités et énergiques des flancs mettent cette action dans tout son jour. Ajoutons, que, dans la course et le saut, ces gaz amortissent les chocs auxquels se trouvent alors exposés les viscères abdominaux.

Les gaz intestinaux maintiennent béante la cavité du tube digestif que les matières alimentaires parcourent ainsi sans difficulté. De plus, ils fournissent un point d'appui à la tunique musculeuse de l'intestin : les mouvements de raccourcissement produits par l'action des fibres longitudinales, et ceux de rétrécissement, auxquels donne lieu la contraction des fibres circulaires, en deviennent plus faciles

et plus efficaces. Il en est de même du glissement des circonvolutions de l'intestin grêle les unes sur les autres.

Les parois intestinales se trouvant ainsi soutenues et déplissées, la circulation n'est nullement gênée dans les vaisseaux de toute espèce qui les parcourent; l'absorption et les sécrétions, qui s'accomplissent à la face interne de ces parois, s'exécutent aussi dans les conditions les plus favorables, puisque les organes chargés de ces fonctions importantes sont libres dans leur action, et que celle-ci peut s'exercer sur la plus grande surface possible, la distension du tube intestinal par les gaz restant, d'ailleurs, dans les limites physiologiques (1).

II. — PHÉNOMÈNES CHIMIQUES DE LA DIGESTION.

Les associations nouvelles, les transformations, les changements de nature et de composition que doivent subir les substances alimentaires, avant de passer à l'état de matière nutritive ou avant d'être éliminées, sont l'objet d'une étude pleine d'intérêt aussi bien pour le chimiste que pour le physiologiste. Cette étude nous enseigne, tout d'abord, que des transformations si diverses, qui sont dues à la chimie vivante et desquelles doit résulter la transmutation définitive des aliments en suc nourricier ou assimilable, ne sauraient être rigoureusement localisées et que le tube digestif n'en est, pour ainsi dire, que le point de départ. En effet, ces éléments réparateurs que la digestion isole des substances alimentaires, que l'absorption a mission d'introduire dans le torrent circulatoire, directement par les veines ou indirectement par les chylifères, nous les verrons continuer pour la plupart, dans ces vaisseaux eux-mêmes, leurs métamorphoses seulement commencées dans l'appareil de la digestion. Pénétré de l'idée que, pour comprendre la nature des premières altérations éprouvées par les divers aliments au sein de cet appareil et pour s'expliquer leurs élaborations ultérieures, il importe au physiologiste de bien connaître les différences de propriétés, de constitution, d'origine et d'usage des substances alimentaires, je me suis appliqué à présenter sur ces substances des considérations chimico-physiologiques que je regarde comme une introduction utile à l'étude des phénomènes chimiques de la digestion (*voir plus haut*, p. 33 *et suiv.*).

Des matières albuminoïdes, des corps gras, des substances féculentes ou sucrées, et certains sels, tels sont les éléments que nous avons vus entrer dans la composition d'un aliment *complet*. Est-il besoin de rappeler que les actions chimiques qui se passent dans le tube digestif ont pour but ultime l'absorption des matériaux nutritifs, et que, par conséquent, leur premier résultat doit être la *dissolution* de ces matériaux? S'il en est, parmi eux, qui soient naturellement insolubles, ils devront nécessairement subir, pour devenir solubles ou absorbables, des transformations qui, d'ailleurs, varieront avec leur nature. Or, pour opérer ces dissolutions ou ces métamorphoses, interviennent divers fluides tels que la *salive*, le *suc gastrique*, le *suc pancréatique*, la *bile* et le *suc intestinal*, auxquels il faut joindre l'action de l'eau ingérée, de la chaleur et de l'air atmosphérique. C'est ainsi, par exemple, que l'albumine coagulée et la fibrine, qui sont des matières albumi-

(1) Cette dernière interprétation du rôle mécanique des gaz intestinaux est due à mon ami le Dr Guérard.

noïdes insolubles, sont dissoutes et métamorphosées par le suc gastrique en ur *seule* et même substance. Depuis longtemps reconnue et diversement dénommé cette substance est devenue, dans ces dernières années, sous les noms d'*albu minose* (Mialhe) et de *peptone* (Lehmann), l'objet d'études tendant à établir qu seulement à cet état de transformation, les matières protéiques ou albuminoïd peuvent être assimilées par l'organisme. Les matières saccharines, féculentes (amyloïdes, quelle que soit leur variété, sont aussi réputées n'être assimilables qu la condition d'avoir été transformées, par la salive et le suc pancréatique, (un produit soluble, toujours le même, la *glycose*. Quant aux corps gras qui ı sont miscibles, ni à l'eau, ni au suc gastrique, ils sont changés, par le suc pancré tique surtout, en une fine émulsion, comme Eberle (1) l'a établi le premier, c'e à-dire qu'ils sont divisés en particules d'une finesse extrême et par là même pr parés à l'absorption.

D'après ce qui précède, on ne saurait donc partager le sentiment des physi logistes qui pensent que la digestion se réduit à *une simple dissolution*. I réalité, le suc gastrique représente un menstrue spécial, apte à la fois à dissoud les principes immédiats azotés, tant en dehors qu'en dedans du corps, et à pr duire une transformation absolue dans leurs propriétés (sinon dans leur comp sition chimique), transformation favorable à l'assimilation ultérieure de ces pri cipes. Nous prouverons bientôt qu'on en peut dire autant des fluides salivaire pancréatique par rapport aux matières féculentes (*).

(1) Se fondant sur de nombreuses expériences faites *avec des infusions de pancréas* dans l'(pure, EBERLE formule ainsi ses conclusions : « *Le suc pancréatique peut s'emparer des grais* « et les maintenir sous forme d'une fine émulsion : *par conséquent, ce que l'on avait dit autref* « *de l'action de la bile sur les parties grasses des aliments doit se dire maintenant du suc pa* « *créatique.* » EBERLE, *Physiologie der Verdauung*; Würzburg, 1834, p. 253.

BURDACH (*Physiol.*, trad. de Jourdan, t. IX, p. 380, Paris, 1841) cite le même fait en termes : « Suivant Eberle, le suc pancréatique sert en outre à délayer la graisse et *à la réduire so forme d'émulsion.* »

(*) Dans un Mémoire récent, ayant pour titre *Nouvelles recherches relatives à l'action du s gastrique sur les matières albuminoïdes* (*Annales des sc. nat.*, 4ᵉ sér., t. III, 1855), j'ai ı connaître un moyen simple de distinguer les matières albuminoïdes *avant* et *après* l'élaborat digestive, ou, en d'autres termes, de discerner ces mêmes matières suivant qu'elles sont simplem *dissoutes* ou bien qu'elles sont *digérées* :

Dans une *dissolution acidule* de fibrine, d'albumine, de gluten, ou d'un autre composé pı téique, il est toujours possible, à l'aide de la liqueur cupro-potassique, de révéler la présence de glycose en rendant au préalable cette dissolution *alcaline*. — *J'ai constaté qu'il n'en est plus ai quand ces principes immédiats azotés ont convenablement subi* l'action dissolvante et transf matrice *du suc gastrique*. En effet, dans ce liquide filtré qui vient de les *digérer*, l'addition imı diate de la glycose n'est plus accusée par le réactif indiqué ; et, fait bien digne de remarque, manque de réaction ne s'observe qu'à la condition expresse que la *digestion* ou la métamorph qui en résulte soit *entièrement* accomplie, de telle sorte que l'on peut se servir de ce caract empirique pour distinguer les aliments albuminoïdes réellement *digérés* de ceux qui ne le s point, ou qui le sont seulement d'une manière incomplète.

Sachant que les liquides organiques, très chargés de substances albuminoïdes, gênent plus · moins la précipitation de l'oxydule de cuivre, j'interprétai d'abord dans ce sens les faits précéder mais bientôt j'instituai d'autres expériences dont les résultats ne permirent plus une sembla interprétation. Depuis plusieurs semaines, je conservais dans l'eau sucrée de la fibrine extraite sang de bœuf. Devenue demi-transparente par suite de son hydratation, elle m'offrit la particula remarquable de se dissoudre et de disparaître par l'agitation dans le suc gastrique naturel, en q ques minutes, par une température de + 15 à 16 degrés centigrades seulement. Une autre pa de cette fibrine fut aussi plongée dans le suc gastrique naturel, et mise pendant trois heures bain-marie entre + 35 et 38 degrés centigrades ; ensuite j'expérimentai comparativement sur l et l'autre liquide après les avoir filtrés.

A deux grammes de chacun d'eux, j'ajoutai environ six gouttes d'une solution de glycose (cor nant 4 parties d'eau pour 1 partie de matière sucrée), puis un gramme du réactif cupro-potassiq ce qui suffit pour rendre *alcalines* les liqueurs. Dans toutes mes expériences, souvent reprodu

SALIVE.

Nous avons déjà exposé les caractères physiques propres aux diverses salives et indiqué la manière de recueillir ces fluides isolément; nous en avons aussi fait connaître les *usages mécaniques*, à propos de la mastication et de la déglutition (1).

Maintenant notre but est de déterminer la composition de la salive *mixte ou buccale* et son rôle chimique dans la digestion. Quant à certaines autres questions qui, tout en étant relatives à la sécrétion salivaire, ne se rattachent pas directement à la digestion, il nous a paru préférable d'en renvoyer l'examen au chapitre des *Sécrétions*.

Composition chimique de la salive. — La salive mixte ou complète, c'est-à-dire le mélange des divers fluides en partie destinés à humecter la bouche, est un liquide incolore, transparent ou légèrement opalin, spumeux et filant, qui, abandonné à lui-même dans un vase étroit, se sépare bientôt en deux parties. L'une supérieure, claire et liquide, tient en dissolution des sels alcalins, renferme de l'albumine et la *ptyaline* de Berzélius; l'autre, inférieure, représente un sédiment blanc-grisâtre, composé en partie de corpuscules muqueux et de lamelles d'épithélium.

Chez l'homme, la salive offre une densité qui varie entre 1,004 et 1,008. Elle contient de 0,35 à 1 pour 100 de principes solides et 100 parties de ces principes en renferment environ 38 de matières minérales qui sont : les chlorures de sodium et de potassium, le phosphate de soude tribasique, les phosphates de chaux et de magnésie, les carbonates de chaux, de potasse et de soude, de petites quantités de lactates alcalins et de sulfocyanure de potassium, des traces de silice et d'oxyde de fer. Quant aux matières organiques, indépendamment de faibles proportions d'albumine (Brandes), de caséine (F. Simon), de graisse phosphorée (Tiedemann et Gmelin), la salive renferme une substance azotée spéciale que

ous les yeux de chimistes exercés, les résultats furent constants : à l'aide de l'ébullition, la précipitation d'hydrate d'oxydule de cuivre eut lieu dans le premier cas ; elle manqua dans le second, où de plus, lors du mélange, apparut une belle coloration en violet (*a*). Les mêmes essais comparatifs, répétés avec l'albumine liquide simplement *dissoute* dans le suc gastrique (*b*) ou bien *transformée* par lui, donnèrent aussi ces résultats différentiels.

Ainsi, au même liquide organique (suc gastrique naturel), chargé en quantité égale des mêmes matières albuminoïdes, j'ai ajouté de la glycose qui, vis-à-vis du sel de cuivre, a pu offrir sa réaction caractéristique tant qu'il s'est agi seulement d'une *simple dissolution* de ces matières, qui ne l'a plus offerte, dès qu'elles ont eu subi leur *transformation digestive* en partie due au ferment gastrique ou *pepsine*. Le produit liquide de cette transformation de tout aliment albuminoïde, mêlé dans certaines proportions à la glycose, offre, en effet, la curieuse propriété, jusqu'ici inaperçue, de masquer à l'instant même et si bien la présence de ce dernier principe, qu'on dirait plutôt une combinaison qu'un mélange (*c*).

Évidemment la digestion est donc autre chose qu'une simple dissolution.

(1) Voir plus haut p. 114 et suiv.

(*a*) Si, dans ce dernier cas, on opère sur un liquide auquel aura été ajouté un grand excès d'alcali, on pourra obtenir, par l'ébullition, une liqueur transparente de couleur *caramel*; mais jamais on n'aura le précipité caractéristique qui résulte de l'action de la glycose sur le tartrate cupro-potassique.

(*b*) Il est utile de battre l'albumine, d'y ajouter un peu d'eau, puis de la filtrer, avant de la mettre en contact avec le suc gastrique.

(c) En faisant usage de l'acétate de plomb tribasique et précipitant l'excès de ce dernier par le carbonate de soude, on arrive alors à obtenir une liqueur dans laquelle il est possible de constater les réactions ordinaires de la glycose : preuve qu'en effet celle-ci n'est que *masquée*.

Berzélius (1) a désignée sous le nom de *ptyaline* (2) ou de *matière salivaire*, qui nous offrira un grand intérêt au point de vue physiologique : j'y reviendra avec détail, en traitant des usages chimiques de la salive.

D'après l'analyse de Berzélius (3), 1000 parties de salive contiennent eau, 992,9 ; *ptyaline*, 2,9 ; mucus, 1,4 ; extrait de viande avec lactate alcalin 0,9 chlorure sodique, 1,7 ; soude, 0,2.

Voici quels ont été les résultats des expériences de Tiedemann et Gmelin (4 sur 100 parties de salive humaine, dont la sécrétion avait été provoquée par fumée de tabac :

Matière soluble dans l'alcool et non soluble dans l'eau (graisse contenant phosphore) ; matière soluble dans l'alcool froid et dans l'eau (osmazôm sulfocyanure, chlorure et peut-être quelque peu d'acétate de potasse). 31,

Matière qui se précipite par le refroidissement de la dissolution alcooliqu faite à chaud (matière animale, avec du sulfate et très peu de chlorure alcalin). 1,

Matière soluble seulement dans l'eau (matière salivaire, avec beaucoup de phosphate et très peu de sulfate et de chlorure alcalin). 20,

Matière insoluble dans l'eau et l'alcool (mucus, peut-être aussi de l'albumine, avec du carbonate et du phosphate de chaux). 40,

92,

La perte paraît être due à de l'eau que la matière avait retenue.

Enfin, nous mentionnerons aussi une autre analyse de la salive de l'homm faite, dans ces derniers temps, par Jacubowitsch : eau, 995,16 ; épithélium, 1,6 ptyaline, 1,34 ; phosphate de soude, 0,94 ; chlorures alcalins, 0,84 ; sulfocyanu de potassium, 0,06 ; chaux combinée à une matière organique, 0,03 ; magné combinée à une matière organique, 0,01 = 1000,00.

Parmi les éléments salins qui viennent d'être signalés comme entrant dans composition du fluide salivaire, il en est un sur lequel je me propose d'appe plus spécialement l'attention du lecteur : je veux parler du *sulfocyanure de pota sium.*

Treviranus (5) constata, le premier, que la salive peut prendre une tei rouge, quand on la traite par un persel de fer et spécialement par le perchloru d'où il conjectura que cette réaction devait tenir à la présence d'un corps Winterl appelait *acide sanguin*, et qu'on reconnut plus tard pour être le mê que l'acide prussique sulfuré de Porrett, ou ce qu'on nomme aujourd'hui *ac sulfocyanhydrique.* Tiedemann et Gmelin (6) ont observé, depuis, qu'en distill l'extrait alcoolique de la salive desséchée, on obtenait, avec de l'acide phosphoriq un liquide qui possède la même propriété : mélangé avec du sulfate de fer et sulfate de cuivre, il produit un précipité blanc, et, après avoir été chauffé a un mélange de chlorate de potasse et d'acide chlorhydrique, il donne lieu, avec

(1) *Traité de chimie*, trad. franç. de Esslinger, t. VII, p. 155 et suiv., Paris, 1833.
(2) De πτύαλον, salive.
(3) *Ouv. cit.*, t. VII, p. 157.
(4) *Recherches expér., physiol. et chim. sur la digestion*, 1re partie, p. 15, trad. de Jour Paris, 1827.
(5) *Biologie*, t. IV, p. 330, 1814.
(6) *Ouv. cit.*, 1re partie, p. 9 et suiv.

ls de baryte, à un précipité de sulfate. La conclusion de ces auteurs est que la alive renferme un *sulfocyanure* à base d'alcali.

Depuis que ces expériences ont été faites, les auteurs qui ont examiné ce point ntéressant de l'histoire chimique de la salive, sont arrivés à formuler les opinions s plus divergentes; tels sont : Eberle (1), Mitscherlich (2), Van Setten (3), Vright (4), Marchand (5), Jacubowitsch (6), Frerichs (7), Lehmann (8), Tilanus (9), Blondlot (10), etc.

D'après les uns, il faudrait nier, *dans tous les cas* et d'une manière absolue, la résence d'un pareil sel dans le fluide salivaire; suivant d'autres, sa formation ésulterait soit d'une altération spontanée de ce fluide, soit des manipulations chimiques elles-mêmes; pour quelques autres, enfin, son apparition serait purement ventuelle, et dépendrait d'un état particulier du système nerveux : c'est ainsi, ar exemple, qu'à la suite d'impressions vives et pénibles, on aurait trouvé ce roduit en abondance dans des salives qui auparavant n'en avaient, dit-on, décelé ucune trace.

Rappellerai-je, en passant, que ce sel étant réputé toxique à certaine dose, et yant été aussi trouvé dans la salive du chien, on en est bientôt venu à supposer que l'exagération de sa production expliquerait les propriétés malfaisantes de certaines salives, et, en particulier, la transmission de la rage par l'inoculation du iquide salivaire des animaux atteints de cette maladie; qu'ainsi le principe actif du irus rabique pourrait bien n'être autre chose qu'un sulfocyanure? Hypothèse qu'aucune expérience probante ne justifie, et qui, d'ailleurs, est en complète opposition avec les idées admises aujourd'hui sur les *virus* en général.

Au milieu de toutes ces incertitudes et de tant d'opinions contradictoires, je me uis appliqué, avec quelque persévérance, à vérifier la réaction signalée par Treiranus, réaction à laquelle il me répugnait tout d'abord de donner la signification u'on a vu Tiedemann et Gmelin lui accorder, après avoir eu recours, il est vrai, d'autres caractères chimiques que celui de la simple coloration. Aujourd'hui, me ondant sur le résultat général d'un grand nombre d'expériences variées de bien es manières, je n'hésite point à émettre, comme conséquence de mes propres bservations, l'assertion suivante :

Le *sulfocyanure de potassium*, qui, d'après l'opinion la plus généralement dmise, n'existerait pas dans la salive de l'homme, mais s'y développerait sous ertaines influences fortuites, ou même dont l'apparition serait liée à un état athologique, *doit*, au contraire, *être considéré comme un des principes normaux, onstants* et *caractéristiques de ce fluide.*

A l'appui de cette assertion, contraire aux opinions les plus récentes, j'exposerai ommairement mes expériences, en traçant d'abord quelques règles qui me semblent

(1) *Physiologie der Verdauung*, etc., p. 36. Würzburg, 1834.
(2) *Ann. de Poggendorf*, t. XXVIII. — RUST, *Magazin für die gesammte Heilkunde*, XXXVIII et XL.
(3) *De saliva ejusque vi et utilitate*. Groningæ, p. 2, 1837.
(4) *The Lancet*, 1842.
(5) *Lehrbuch der physiol. Chemie*, p. 410, 1844.
(6) *De saliva dissertatio*. Dorpat, p. 15, 1845.
(7) *Ann. der Chemie und Pharm.*, t. LXV, p. 344, 1848.
(8) *Lehrbuch der physiol. Chemie*, t. I, p. 464 et t. II, p. 18, 1850.
(9) *Dissertatio inauguralis de saliva et muco*. Amsterdam, 1849.
(10) *Traité analytique de la digestion*, p. 123. Nancy, 1843.

indispensables à observer, quand il s'agit de rechercher ce sulfocyanure dans la salive humaine, spécialement à l'aide du perchlorure de fer.

Dans chaque essai, pour *quatre centimètres cubes* de salive, recueillie dans les conditions les plus variées, j'emploie constamment *quatre à six gouttes* d'une dissolution de perchlorure de fer (contenant 4 parties d'eau pour 1 partie de ce sel); puis je verse comparativement, dans pareille quantité d'eau distillée, ce même nombre de gouttes du réactif, afin de prouver, une fois pour toutes, qu'avec ces proportions l'eau ne prend jamais qu'une teinte *jaune safranée.* D'ailleurs, j'avais préalablement constaté que, pour communiquer une teinte très légèrement rougeâtre, mais appréciable à 4 centimètres cubes d'eau distillée, il faut au moins 1 centimètre cube (environ 16 gouttes) de la précédente dissolution qui tache, il est vrai, le papier blanc en *jaune*, mais qui, vue par transparence et en quantité assez grande, est d'une belle couleur *rouge.* Il n'est donc point indifférent que l'expérimentateur verse, dans la salive qu'il examine, telle ou telle dose du réactif, puisque cette dose étant relativement trop forte pourrait déjà seule et par elle-même, sans décomposition aucune, donner à la salive la teinte caractéristique de la présence du sulfocyanure; tandis qu'en procédant, comme je le conseille, l'objection tirée de la couleur même du réactif n'est plus possible. En outre, ayant souvent reconnu que les matières déposées par la salive, à l'aide du repos, n'ont pas la moindre influence sur la réaction qui nous occupe, j'ai préféré dès lors faire toujours usage de salive filtrée, afin de rendre plus facile l'examen des colorations comparatives avec l'eau distillée.

Cela posé, quand les recherches portent sur un assez grand nombre de personnes prises au hasard, *soit avant*, *soit après le repas*, il devient manifeste que la propriété rubéfiante de la salive vis-à-vis du perchlorure de fer (en se conformant aux proportions indiquées plus haut) est loin d'être la même chez ces différents individus et que la coloration rouge produit, dans sa dégradation, diverses nuances jusqu'à ce qu'elle devienne parfois si peu sensible, qu'on puisse même la nier, et avec elle nier aussi la présence du sulfocyanure.

Plus loin viendra l'explication de ces derniers cas qui, comme je le prouverai par d'autres expériences directes, ne sont qu'en apparence exceptionnels et opposés à ma manière de voir. Pour l'instant, il m'importe seulement de faire remarquer qu'après des essais maintes fois reproduits, il m'a été possible de déterminer la teinte que prend le plus communément, avec le perchlorure de fer, la salive filtrée; teinte que j'appellerai volontiers *normale*, et que j'ai pu faire renaître à volonté, après bien des tâtonnements, dans les conditions suivantes :

Après avoir versé 6 centigrammes (1 goutte) d'une solution de sulfocyanure de potassium (4 parties d'eau pour 1 partie de sulfocyanure) dans 125 grammes d'eau distillée, si l'on prend 4 grammes de cette eau et qu'on y ajoute la quantité indiquée de perchlorure de fer, aussitôt apparaît la coloration purpurine *type.* Celle-ci est encore facile à reproduire par la simple addition de deux gouttes de sang à 4 grammes d'eau pure.

Mais il est important de rappeler que l'*acétate de soude*, qu'on a supposé exister dans la salive humaine, peut aussi donner lieu à une réaction analogue avec le précédent sel ferrique, d'où l'assertion de certains auteurs que l'action rubéfiante du fluide salivaire doit être rapportée, non à la présence d'un sulfocyanure, mais d'un acétate alcalin. C'est encore là une question préalable qu'il nous faut examiner. Existe-t-il, en effet, dans la salive, un acétate de cette nature? Dans aucun

les analyses les plus exactes et les plus récentes, il n'est fait mention de la moindre race de ce sel; et pourtant, comme on le verra tout à l'heure, il en faut des quanités très notables, pour obtenir avec la solution de perchlorure de fer, la teinte urpurine que j'ai appelée *normale* et que j'ai prise pour type dans les réactions le ce dernier sel avec la salive. Une confusion de langage, basée sur une simple ue théorique, a causé toute l'erreur à cet égard. « Gmelin et Tiedemann, dit Berzelius (1), nomment constamment (à propos de la salive) les lactates alcalins *cétates* et fondent cette dénomination sur une conjecture émise par moi, que acide lactique n'est autre chose que de l'acide acétique combiné avec une atière animale. J'ai effectivement mis cette conjecture en avant; mais je rois que, quand bien même on pourrait la démontrer, il ne serait pas moins *exact* d'appeler les lactates *acétates*, que de nommer les sulfovinates *sulfates* ou s nitroleucates *nitrates.* » C'est, en effet, d'après Tiedemann et Gmelin, que autres auteurs ont répété à tort que le fluide salivaire renfermait de l'acétate de oude, au lieu de lactates alcalins qu'il contient réellement. Or, il y a là plus u'une question de mots : je me suis assuré qu'avec la solution de perchlorure de r ces lactates sont absolument impuissants à produire la moindre coloration purrine, et que d'ailleurs cette même impuissance se retrouve dans les autres ibstances organiques ou inorganiques contenues dans la salive, hormis le sulfoanure qui fait l'objet de notre étude.

Mais prouvons maintenant que d'après la manière dont l'acétate de soude se mporte relativement au précédent sel ferrique, il ne saurait réellement exister ns la salive sans qu'on dût facilement l'y retrouver par l'analyse; puis je dirai nouveau caractère qui s'est révélé à mon observation, caractère bien propre à re admettre que c'est effectivement à un sulfocyanure et non à un acétate alcalin e la salive doit son pouvoir rubéfiant en présence du réactif indiqué.

On a vu, plus haut, quelle minime quantité d'une solution de sulfocyanure il lait verser dans l'eau distillée (1 goutte dans 125 grammes d'eau), afin de reproire, par l'entremise du perchlorure de fer, une teinte rouge semblable à celle e j'ai le plus habituellement observée avec la salive filtrée et le même réactif. ur obtenir la même teinte, avec ce dernier et l'acétate de soude, il m'a fallu outer à la même quantité d'eau distillée (125 grammes), non plus *une* goutte, is *huit grammes* d'une dissolution d'acétate de soude contenant 4 p. d'eau ur 1 p. de sel (2). Dès lors, n'est-il donc pas bien évident que si ce sel existait pareilles proportions dans la salive, il n'aurait pu échapper aux moyens anaiques même les plus grossiers?

Mais avec une autre preuve de la non-existence de l'acétate alcalin, de sa nonervention pour produire la précédente coloration, en voici une nouvelle en eur de la présence du sulfocyanure, et du rôle évident qu'il remplit dans cette action.

La preuve dont il s'agit, je la tire des curieuses différences que j'ai observées re l'acétate de soude et le sulfocyanure de potassium relativement à leur mare d'être vis-à-vis du perchlorure de fer. Ainsi : 1° soient, d'une part, 4 centitres cubes de salive filtrée, et d'autre part, comme termes de comparaison,

(1) *Traité de chimie.* Trad. franç. de Esslinger. Paris, 1833, t. VII, p. 160.

(2) Quant à l'acide acétique pur et concentré, j'ai dû en employer jusqu'à 32 centimètres cubes r 125 centimètres cubes d'eau distillée, avant d'avoir, avec le perchlorure de fer, la coloration lue; au contraire, l'acide lactique est toujours resté sans effet.

4 grammes d'un liquide provenant de 125 grammes d'eau distillée auxquels aura été ajoutée, comme plus haut, une goutte de la solution indiquée de sulfocyanure de potassium; si je verse dans l'un et l'autre liquide, quatre à cinq gouttes de perchlorure de fer (solution au quart), il se manifestera aussitôt dans chacun la même teinte purpurine. 2° Soient encore, d'un côté, 4 centimètres cubes de salive filtrée à laquelle j'ajoute quelques gouttes d'une solution d'acétate de soude, et, d'un autre côté, pour servir de termes de comparaison, 4 grammes d'eau distillée avec une quantité d'acétate de soude calculée de manière à avoir, dans les deux cas, exactement la même teinte rouge à l'aide du perchlorure de fer. Cela fait, j'abandonne le tout au contact de l'air et de la lumière : en général, au bout de peu d'heures, et constamment le lendemain de l'expérience, la coloration rouge a disparu dans les deux premiers liquides, qui ont pris une teinte jaune-safranée, tandis que les deux derniers demeurent indéfiniment rouges.

Ainsi, c'est le propre d'une solution d'acétate de soude, en présence du perchlorure de fer, de conserver sa couleur purpurine et de la faire conserver à la saliv elle-même; mais, au contraire, c'est le caractère d'une solution très étendue d sulfocyanure de potassium, quand on l'a traitée par le perchlorure de fer, de s décolorer bientôt d'une manière complète; et, chose remarquable, c'est justemen là aussi le cas de la salive mise dans les mêmes conditions. Ne suis-je donc pa encore plus autorisé, par ces faits que j'ai si souvent constatés, à répéter que, dan ma conviction, l'action rubéfiante du fluide salivaire doit être rapportée non à présence d'un acétate alcalin, mais d'un sulfocyanure? Du reste, je crois deve ajouter qu'il n'est nullement exact de prétendre que la coloration en rouge se différente avec l'acétate de soude et le sulfocyanure de potassium, qu'ainsi le pre mier donne une nuance *rouillée* et le second une nuance *purpurine ;* j'affirme qu la coloration est sensiblement la même dans les deux cas.

Toutefois la coloration rouge, que prend le liquide salivaire par l'addition quelques gouttes de perchlorure de fer, ne pouvant constituer une réaction suf sante, aux yeux des chimistes, pour caractériser le sulfocyanure de potassium, d'ailleurs l'existence-même de ce dernier sel ayant été contestée, j'ai cru dev faire tous mes efforts pour l'isoler complétement d'une masse considérable de sali humaine (*deux litres et demi*) (1).

Voici la marche suivie dans cette analyse :

1° Le liquide a été évaporé à sec au bain-marie. 2° Le résidu de l'évaporatio été repris par de l'alcool presque anhydre, c'est-à-dire à 98° centésim. : ainsi été obtenues une matière insoluble dans l'alcool et une dissolution alcoolique.

a. La matière insoluble dans l'alcool était formée par un mélange de substa organique azotée et de sels alcalins, etc. : elle a été traitée par l'eau froide, q laissé, en grande partie, la substance azotée à l'état insoluble, et qui a opér dissolution des sels. Cette liqueur saline et aqueuse, convenablement évaporé donné d'abord de très beaux cristaux de phosphate de soude, ensuite du chlor de sodium, et en dernier lieu du carbonate de soude. Cette séparation par voie cristallisation a présenté la plus grande netteté.

(1) Cette quantité de salive fut fournie, en une demi-heure, par quarante militaires *à jeun*, après avoir rincé leur bouche, mâchèrent, dans le but d'exciter la salivation, des morceau caoutchouc *pur* et d'ailleurs préalablement lavé avec soin dans l'eau chaude.

b. La dissolution alcoolique a été soumise à l'évaporation, comme la liqueur aqueuse précédente ; elle a donné, en premier lieu, de nouveaux cristaux de sels alcalins, et il est resté, dans l'eau mère, un sel qui n'a pas cristallisé, mais qui présente tous les caractères d'un *sulfocyanure alcalin.*

Ne pouvant obtenir ce dernier à l'état cristallin, j'ai voulu au moins le caractériser de la manière la plus positive. Dans ce but, j'ai concentré, dans quelques gouttes de liquide, tout le sulfocyanure contenu dans les deux litres et demi de salive ; j'ai obtenu alors une liqueur produisant, avec le perchlorure de fer, la coloration caractéristique d'un rouge de sang, et enfin j'ai constaté la présence du soufre, dans le sulfocyanure, en calcinant ce sel avec du nitre.

Ainsi la présence d'un sulfocyanure alcalin dans la salive n'est pas douteuse ; elle caractérise en quelque sorte cette sécrétion : car, en étudiant au même point de vue d'autres liquides de l'économie animale, tels que le fluide pancréatique, la sueur, l'urine, les larmes, le liquide cérébro-spinal, le sérum du sang et la sérosité provenant de vésicatoires, il m'a été impossible d'y trouver la moindre trace de sulfocyanure.

Cette preuve étant donnée, et de plus, comme cela résulte de mes recherches, aucune autre substance organique ou inorganique contenue dans la salive ne donnant lieu, avec le *perchlorure de fer*, à la même réaction que le sulfocyanure, je me suis cru suffisamment autorisé à faire usage de ce *réactif* dans tous les autres essais partiels que j'ai pu reproduire sur plus de cent cinquante individus d'âges et de sexes différents.

J'ai dit plus haut que mes recherches ayant porté sur un assez grand nombre de personnes prises au hasard, soit avant, soit après le repas, il avait été manifeste pour moi que la propriété rubéfiante de la salive, vis-à-vis du perchlorure de fer (en se conformant aux proportions indiquées), était loin d'être la même chez ces différents individus, et que la coloration rouge produisait, dans sa dégradation, diverses nuances, jusqu'à devenir elle-même parfois si peu sensible qu'on aurait pu même la nier, et avec elle nier aussi la présence du sulfocyanure. Il me reste à prouver, à l'aide d'expériences directes, que ces derniers cas ne sont qu'en apparence exceptionnels et opposés à mon sentiment, qui consiste à regarder le sulfocyanure comme un des éléments caractéristiques de la salive normale. Et d'abord, je dois rappeler que ces exemples se sont offerts à mon observation chez des individus qui venaient de prendre leur repas depuis une ou deux heures, ou chez d'autres qui avaient été artificiellement provoqués à une excrétion salivaire très abondante ; or, il en est du fluide salivaire comme des autres fluides sécrétés : plus il y a eu de salive avalée ou rejetée, moins la salive nouvelle contient de principes solides minéraux et organiques relativement à l'eau qui la constitue pour la plus grande part. Par conséquent, la quantité relative de sulfocyanure dans la salive est nécessairement variable, et, comme elle est déjà très minime pour une quantité déterminée de liquide salivaire, on conçoit que pour peu qu'elle diminue encore, relativement à la masse d'eau, elle puisse cesser d'être appréciable au réactif, surtout si, au lieu de se servir de perchlorure de fer, on veut faire usage, à l'exemple de quelques expérimentateurs, d'un autre persel de fer, du persulfate par exemple (*). Mais cela ne veut pas dire qu'il s'agisse d'une disparition ou d'une

(*) Il résulte de mes recherches que ce dernier sel est insuffisant : ainsi, tandis que deux gouttes

absence complète du sulfocyanure, puisque, dans ces cas-là même, j'ai pu constamment mettre encore son existence hors de doute.

Il en est du sulfocyanure comme des autres éléments normaux solides de la salive, c'est-à-dire qu'ils peuvent varier suivant certaines conditions : bien des fois, par exemple, opérant comparativement sur diverses salives, j'ai vu les unes donner un précipité très sensiblement jaune avec le nitrate d'argent, et les autres un précipité blanc ; ce qui tend à prouver que l'un des éléments normaux de la salive, sur l'existence duquel tous les chimistes sont d'accord, le *phosphate de soude*, peut lui-même sensiblement varier de quantité sans pour cela disparaître. Ces sels sont en moindre quantité dans les cas où la salive est très fluide, soit une ou deux heures après le repas, soit lorsque, dans le but de faire des expériences, on a déjà provoqué artificiellement l'excrétion d'une quantité considérable de salive.

Du reste, on sait que la quantité de sulfocyanure de potassium qu'on a rencontrée dans la salive de l'homme n'a pas été toujours appréciée de la même manière : Jacubowitsch l'estime à 0,006 pour 100; Wright, de 0,056 à 0,098 pour 100; Lehmann, de 0,0046 à 0,0089 pour 100, etc.

Quand j'ai eu affaire à des salives dont les réactions avec le perchlorure de fer étaient incertaines, le procédé fort simple que j'ai mis en usage pour en déceler la présence a consisté à faire évaporer très lentement le liquide salivaire au bain-marie, jusqu'à réduction de moitié ou des deux tiers. Depuis que je me suis avisé de procéder de la sorte, je n'ai plus trouvé *un seul cas douteux*, comme l'avaient été quelques-uns des cas appartenant à mes premières observations (*).

Que ceux qui ont prétendu n'avoir jamais pu réussir à constater la coloration rouge de la salive par le perchlorure de fer emploient le même moyen expérimental, et dès lors ils obtiendront toujours un plein succès.

Une autre particularité de mes expériences est la suivante : toutes les fois que la réaction avec le perchlorure de fer a été bien manifeste avec la salive mixte ou buccale, elle a eu aussi lieu, avec une égale intensité, avec la salive sous-maxillaire et sublinguale recueillie sur le plancher buccal, derrière les dents incisives et canines inférieures, de manière à éviter tout mélange avec le mucus de la bouche ou le liquide parotidien. Quant à ce dernier liquide lui-même, provenant d'une fistule salivaire chez l'homme, on sait que Van Setten y a trouvé le sulfocyanure de potassium, et je crois devoir rappeler que c'était aussi dans la salive parotidienne de la brebis, et non dans la salive mixte prise dans la bouche, que Tiedemann et Gmelin avaient signalé la présence du sulfocyanure de sodium. Aussi ces résultats, unis à ceux que j'ai moi-même obtenus, m'empêchent-ils d'admettre, avec divers auteurs, que, dans les cas où ces sulfocyanures existent, ils se trouvent exclusivement dans la salive buccale, sans jamais se rencontrer dans chacune des sécrétions salivaires prises isolément.

D'ailleurs, j'ai aussi constaté la présence de sulfocyanures alcalins dans des infusions concentrées et filtrées de glandes salivaires provenant du mouton.

Dans l'espèce humaine, ni l'âge, ni le sexe, ni le régime, ne m'ont paru modifier

de sulfocyanure de potassium (solution au quart) peuvent être révélées dans un litre d'eau par l perchlorure, il en faut au moins six à huit gouttes pour que la réaction se produise avec le persulfat de fer.

(*) Il est bien important de laisser refroidir le liquide après l'évaporation ; car on sait que perchlorure de fer, qui teignait d'abord l'eau en jaune, à froid, la colore bientôt en rouge si l'o fait intervenir la chaleur.

en plus ou en moins, la coloration rouge produite par la réaction de la salive avec le perchlorure de fer.

Quant à un état particulier du système nerveux, j'ai étudié cette réaction de la salive, avant, pendant, après des accès violents de migraine ou de névralgies faciales, et je n'ai pu constater la moindre différence.

J'ai vu la salive prendre la coloration rouge caractéristique de la présence du sulfocyanure, chez des personnes absolument dépourvues de dents depuis plusieurs années. Ce résultat ne s'accorde pas avec l'hypothèse que la présence du sulfocyanure dans la salive serait toujours liée à l'état de carie d'une ou de plusieurs dents.

J'ai aussi constaté, de la manière la plus marquée, la propriété rubéfiante de la salive, vis-à-vis du perchlorure de fer, chez beaucoup de personnes qui avaient les dents parfaitement saines. Dans une série de douze individus pris au hasard, d'âge et de sexes différents, dont j'examinai la salive le même jour et au même instant, et que je classai ensuite dans quatre catégories, d'après l'intensité de la couleur rouge de leur fluide salivaire, et, par conséquent, d'après la quantité présumée du sulfocyanure, il se trouva dans la première un enfant de huit ans et demi et une femme de trente-six ans, dont les dents furent reconnues exemptes de toute carie; dans la seconde, une femme âgée de soixante ans, *qui, depuis cinq ans, n'avait plus une seule dent ou racine dans la bouche;* un homme de quarante-quatre ans, auquel manquaient deux dents, mais dont toutes les autres étaient saines; puis un jeune homme de dix-huit ans, qui avait un certain nombre de dents cariées. Enfin, la quatrième et dernière catégorie, celle dont la coloration était la moins intense, comprenait sept personnes, dont la salive avait donné une coloration sensiblement uniforme, et, parmi elles, se trouvait une femme de soixante-quinze ans, dont les dix dents qui lui restaient étaient malades et déchaussées, et en partie sorties des alvéoles. Donc les dents et leur état sain ou morbide n'ont aucune influence sur la production du sulfocyanure dans la salive.

Quand on laisse de la salive, dont la propriété rubéfiante est fort légère mais pourtant appréciable, s'altérer spontanément au contact de l'air, et qu'on l'examine chaque jour, jusqu'à ce qu'elle exhale une odeur fétide, on ne voit pas que le degré de coloration aille en augmentant. Il reste absolument le même ; preuve que le sulfocyanure ne saurait résulter de l'altération spontanée de la salive.

Il me paraît inutile de réfuter l'opinion qui fait dépendre l'apparition du sulfocyanure des modifications chimiques imprimées par l'alcool à la matière salivaire, puisque l'alcool n'a été mis en usage dans aucune de ces expériences.

Dans des cas assez nombreux de *pyrosis*, j'ai examiné, au point de vue dont il s'agit, le liquide salivaire, alors sécrété en si grande abondance. J'ai toujours constaté aussi la présence du sulfocyanure ; et quand, de prime abord, il m'est arrivé d'avoir quelques doutes à cause de la faiblesse de la coloration, il m'a suffi de *concentrer* la salive par l'évaporation lente au bain-marie, pour y trouver ce sel de la manière la plus incontestable.

Il en a été de même dans *trois* cas de salivations mercurielles qu'il m'a été donné d'observer.

Mon opinion se résume dans les conclusions suivantes : 1° Le sulfocyanure de potassium existe normalement et *constamment* dans la salive de l'homme. 2° Il se

rencontre non-seulement dans la salive mixte ou buccale, mais aussi dans la salive parotidienne et dans les salives sous-maxillaire et sublinguale. 3° Sa présence caractérise, en quelque sorte, la sécrétion salivaire; car la sueur, l'urine, les larmes, le liquide cérébro-spinal, le sérum du sang et la sérosité provenant de vésicatoires, ne m'ont jamais donné aucune trace ds sulfocyanure : il en a été de même du fluide pancréatique pris chez le mouton et le bœuf. 4° Ce sel existe dans la salive en proportions variables, mais toujours très petites. Ces variations ne dépendent ni de l'âge, ni du sexe, ni du régime, ni d'états particuliers du système nerveux, mais seulement du degré de concentration du liquide salivaire. 5° Dans un trop grand état de fluidité de la salive, succédant à une excrétion très abondante, le sulfocyanure peut devenir inappréciable à nos réactifs; mais, dans ces cas, il suffit de concentrer ce liquide salivaire par l'évaporation lente, pour obtenir *constamment* la réaction caractéristique de la présence du sulfocyanure, comme je l'ai observé dans le pyrosis et les salivations mercurielles. 6° L'état sain ou morbide des dents n'a aucune influence sur la présence ou l'abondance de ce produit, que j'ai d'ailleurs retrouvé chez des personnes entièrement dépourvues de ces instruments de mastication. 7° Le sulfocyanure ne résulte pas non plus, comme on l'avait avancé, d'une altération spontanée de ce fluide. 8° Pour l'*isoler*, comme je l'ai fait, il importe d'analyser de préférence la salive d'individus à jeun. 9° De tous les persels de fer, le perchlorure est le meilleur réactif pour déceler la présence du sulfocyanure dans la salive; il donne à ce liquide, *suffisamment concentré*, une belle coloration rouge de sang. 10° Aucune autre substance organique ou inorganique, contenue dans la salive, ne donne lieu, avec le perchlorure de fer, à la même réaction que le sulfocyanure : c'est à tort qu'on a rapporté la précédente coloration à la présence d'acétates alcalins dans le fluide salivaire.

Il y a eu également bien des dissidences sur la question de savoir si la salive est *alcaline*, *acide* ou *neutre*.

Duverney (1), ayant examiné la salive d'individus d'âges différents, prétendit avoir reconnu que celle des jeunes sujets ne rougissait pas la teinture de tournesol, tandis que celle des personnes âgées la colorait en rouge ; le fluide salivaire de personnes atteintes de scorbut lui parut également acide. Selon Vieussens (2) et Viridet (3), quel que soit l'âge, la salive rougirait toujours la teinture de tournesol. Mais Haller (4) assure qu'il n'en est point ainsi et que la sienne, en particulier, n'a jamais opéré aucun changement dans ce réactif. Quant à l'assertion de Veratti (5), qui dit, qu'en vertu de son acidité, la salive des personnes à jeun coagule le lait quand on fait chauffer le mélange jusqu'à 90 degrés Fahr., elle a été combattue par Spallanzani (6). Tiedemann et Gmelin (7), ayant essayé la salive recueillie sur une quarantaine de malades de l'hôpital de Heidelberg, n'en trouvèrent que deux atteints, l'un, d'une fièvre intermittente quotidienne, et l'autre, d'un abcès chez lesquels elle réagit à la manière des acides.

(1) *Hist. de l'Acad. des sc. de Paris*, t. II, p. 23.
(2) *Traité des liqueurs*, p. 160.
(3) *De primâ coctione*, p. 70.
(4) *Elementa physiol.*, t. VI, p. 53.
(5) *Commentar. instit. Bononiens. op.*, t. VI, p. 272.
(6) *Opuscules de physique animale et végétale*, traduct. française de Sennebier, t. II, p. 36?. Pavie, 1787.
(7) *Ouv. cit.*, 1re partie, p. 7.

La vérité est que la salive est ordinairement alcaline chez la plupart des hommes, mais qu'elle a le caractère acide chez quelques individus. Celle qui s'écoulait d'une fistule parotidienne, et dont Mitscherlich (1) a étudié les changements avec soin, était assez souvent acide, mais devenait fortement alcaline pendant les repas : dès la première bouchée, la réaction acide faisait place à la réaction alcaline. Chez un homme atteint d'une fistule salivaire, Garrod et Marshall (2) trouvèrent la salive acide avant le repas, mais elle devenait d'abord neutre pendant celui-ci, puis bientôt alcaline; différence qu'ils attribuent aux proportions respectives de salive et de mucus. Budge (3), qui admet que la salive est alcaline dans l'état de santé, reconnaît néanmoins qu'elle est sujette à varier très facilement, même à devenir acide. Quant à Blondlot (4), il l'a trouvée très souvent neutre ou même acide hors le temps des repas, mais il l'a vue devenir constamment alcaline pendant la mastication.

Pour la généralité des observateurs, en effet, la réaction constante et normale de la salive, *durant les repas*, est la réaction alcaline. Telle est aussi celle que nous avons rencontrée nous-même, sans aucune exception.

Rôle chimique de la salive dans la digestion. — La salive mixte ou buccale exerce une action spéciale sur les matières féculentes, qu'elle transforme d'abord en *dextrine* puis en *glycose* (*).

Cette dernière transformation en glycose fut signalée, pour la première fois, par Leuchs (5) qui, ayant légèrement chauffé avec de la salive fraîche de l'amidon réduit en empois par la cuisson, le vit se liquéfier et se saccharifier dans un espace de temps assez court. Puis vinrent les recherches confirmatives de Schwann (6), de Sébastian (7) et surtout celles de Mialhe (8), qui eurent le double avantage de fournir quelques résultats nouveaux et de provoquer les investigations critiques d'autres expérimentateurs.

Mialhe a d'abord reconnu que le produit de la réaction de la salive sur l'amidon est primitivement de la dextrine, et non du sucre d'amidon, comme Leuchs l'avait annoncé. Le sucre d'amidon, sucre de raisin, ou *glycose*, est le résultat d'une transformation plus avancée : ainsi l'amidon est d'abord converti en dextrine, puis il passe à l'état de sucre de raisin ou glycose. Le même observateur a de plus constaté que l'amidon, pour pouvoir être promptement transformé en dextrine et en glycose par le liquide salivaire, à la température du corps des animaux, doit

(1) Rust, *Magazin fuer die gesammte Heilkunde*, t. XXVIII, p. 505.
(2) *The Lancet*, 1842, p. 834.
(3) *Medic. Zeitung*, 1842, n° 16.
(4) *Loc. cit.*
(*) La *dextrine* est une substance isomérique avec l'amidon : elle en conserve la composition élémentaire quoiqu'elle n'en ait plus les propriétés. Quant à la *glycose*, sous le rapport de la composition chimique, elle diffère de la dextrine et de l'amidon en ce qu'elle renferme plus d'hydrogène et d'oxygène combinés dans les proportions de l'eau.
Au point de vue physiologique il est utile de se rappeler, à propos de cette transmutation des matières amyloïdes, que si l'amidon est insoluble, au contraire la dextrine et la glycose offrent une grande solubilité.
(5) Kastner's *Arch. fuer die gesammte Naturlehre*, t. XXII, p. 106, 1831.
(6) Mueller's *Archiv*, 1836.
(7) Van Setten, *De salivâ ejusque vi et utilitate*. Groningue, 1837, p. 51.
(8) *Mémoire sur la digestion et l'assimilation des matières amyloïdes et sucrées*, lu à l'Académie des sciences le 31 mars 1845. — *Chimie appliquée à la physiologie et à la thérapeutique*, p. 38 et suiv., Paris, 1855.

être désagrégé ; effet qu'on obtient en le cuisant dans l'eau ou en le broyant à froid (*).

Si, par exemple, on introduit dans la bouche une petite quantité d'amidon, à l'état d'empois récemment préparé, et si l'on exerce immédiatement la mastication, *en moins d'une minute* la saveur fade de l'empois sera remplacée par une saveur sucrée, tout à fait analogue à celle du sirop de dextrine. En effet ce peu de temps suffit pour transformer, *en partie*, la fécule en dextrine et glycose. Avec l'amidon hydraté, délayé dans l'eau et filtré, l'action de la salive est encore plus rapide ; elle est, pour ainsi dire, instantanée, et tout ce qui a subi cette action a perdu la propriété de bleuir par l'iode.

Voici, d'après Mialhe, une manière très simple de constater ces faits : Mâchez du pain azyme, crachez sur un filtre le contenu de votre bouche ; d'autre part, broyez dans un mortier du pain azyme avec de l'eau distillée, et jetez le liquide sur un autre filtre. Traitez par la teinture d'iode les deux liquides filtrés : le premier ne se colorera pas en bleu, le second offrira de suite une teinte bleue très foncée. Pour prouver ensuite que votre salive filtrée contient de la glycose produite par la décomposition du pain azyme, ajoutez-y de la potasse et chauffez : la liqueur passera bientôt au brun rougeâtre très foncé.

La saveur douce que le pain *bien cuit* acquiert, pendant les courts instants de la mastication, provient évidemment de la formation d'une certaine quantité de dextrine et même de glycose.

Mais, si la fécule est *crue* et seulement désagrégée par le broiement, la transformation est plus lente et nécessite quelques heures de contact pour s'effectuer.

Sur la fécule *crue* et *non broyée* l'action de la salive est bien plus lente encore. Il faut faire digérer, pendant deux ou trois jours, l'amidon dans la salive fraîche, et aider la réaction par une élévation de température de 40 à 45 degrés centigrades, pour que la transformation se manifeste.

Nous reviendrons plus loin sur ces différences si importantes au point de vue de la digestion des matières amylacées.

Afin de démontrer la modification de la fécule, l'*iode* et la *potasse* ont été employés par l'auteur des précédentes expériences ; expériences d'ailleurs faciles à reproduire, et dont chacun pourra, comme nous, vérifier l'exactitude. A l'aide de ce double moyen, on obtient des résultats plus certains qu'en ayant recours à l'iode seul : en effet, si la fécule a été transformée complétement par la salive, elle ne prend aucune coloration bleue par la solution iodée ; mais, si elle ne l'a été qu'incomplétement, elle se colore en raison inverse de la portion transformée, car l'iode n'a d'action que sur la fécule indécomposée. Il faut donc aussi avoir recours à la potasse qui, contrairement à l'iode, n'exerce d'action que sur la fécule modifiée. On filtre la solution amylo-salivaire ; on ajoute quelques gouttes de potasse caustique en liqueur, et l'on chauffe : le degré de coloration brun jaunâtre, que prend la solution, permet de juger de la proportion d'amidon modifié, l'amidon pur n'étant pas coloré par les dissolutions alcalines (**).

(*) Dans un mémoire lu à l'Académie des sciences le 20 janvier 1845, Bouchardat et Sandras avaient déjà signalé avec beaucoup de soin les différences que présentent, sous le rapport *de la digestibilité*, la fécule crue et la fécule cuite. (Voir le supplément à l'*Annuaire de thérapeutique* pour l'année 1846, p. 108 et 130.)

(**) D'après les recherches récentes de Béchamp (analysées dans le journal *La France médicale et pharmaceutique*, juin 1855), les liquides organiques animaux ayant le pouvoir d'annihiler l'action de l'iode sur l'amidon, on ne saurait conclure rigoureusement de la non-coloration en bleu à la

1. La *propriété saccharifiante* de la salive mixte ou buccale étant définitivement admise, on s'est demandé s'il était possible de la rattacher à quelque *principe actif* particulier.

Les recherches de Payen et Persoz (1) avaient démontré, dans l'économie végétale, l'existence d'une matière azotée spéciale, la *diastase*, qui a le pouvoir de transformer des quantités considérables de fécule en dextrine et même en glycose lorsque son action se prolonge suffisamment. Cette matière, qui apparaît au moment de la germination et probablement aux dépens des substances albuminoïdes contenues dans la graine, se développe dans les semences germées d'orge, d'avoine, de blé, etc., près des germes eux-mêmes, et non dans les radicelles. Or, la place qu'elle y occupe révèle déjà son rôle qui est de représenter une espèce de crible propre à désagréger l'amidon des graines (2), et ne devant lui livrer passage qu'à la condition de l'avoir changé en une substance *soluble* isomérique (*dextrine*), susceptible de contribuer, sous cette forme, à la nutrition de la nouvelle plante et au développement de ses organes rudimentaires.

La diastase, recueillie et préparée à l'aide des procédés ordinairement en usage, est blanche, amorphe et dépourvue de saveur. Sèche, elle se conserve longtemps; humide, elle se putréfie très vite. Soluble dans l'eau et dans l'alcool faible, elle est insoluble dans l'alcool concentré. Sa dissolution aqueuse est parfaitement neutre. Son action, si merveilleuse et si prompte sur les matières féculentes, est, en même temps, des plus énergiques ; car il suffit de 1 partie de diastase pour transformer en dextrine, puis en glycose, 2000 parties de fécule. C'est aux températures comprises en 60 et 75 degrés centigrades que ses effets sont le plus prononcés ; à une température plus élevée, à + 100 degrés, par exemple, ils cessent. En voyant une aussi faible porportion de diastase produire de pareils résultats, il est impossible d'admettre ici une réaction chimique ordinaire ; le phénomène doit être assimilé à ces actions mystérieuses que l'on a appelées *actions* ou *effets de contact*, ou à d'autres phénomènes aussi incomplétement inexpliqués, qu'on désigne sous le nom de *fermentation*. La diastase semble plutôt appartenir à la classe des *ferments*. On sait que ces corps, en agissant, s'altèrent et finissent par devenir inactifs, tandis que dans les phénomènes de contact ou catalyses l'agent reste inaltéré et son activité est constante : or, on ne parvient plus à isoler la diastase après qu'elle a agi sur l'amidon ou la dextrine, ce qui tend à faire admettre qu'elle a dû s'altérer à l'instar des ferments, et par cela même, changer de nature.

Du reste, la diastase est une substance quaternaire dont la composition n'a jamais pu être définitivement fixée. Est-ce faute d'avoir examiné de la diastase pure,

transformation de celui-ci en dextrine ou en glycose : d'après ce chimiste, tant que l'amidon n'est pas ainsi transformé, l'acide azotique pourra toujours faire reparaître la couleur bleue caractéristique.

Déjà Blondlot (*Recherches sur la digestion des matières amylacées*, Nancy, 1853) avait constaté que certaines substances organiques empêchent la coloration bleue de l'amidon par l'iode ; mais il n'avait pas cherché à la faire reparaître, afin de pouvoir déceler la présence de l'amidon, même lorsque celui-ci est mélangé à des matières qui, par leur présence, masquent la réaction caractéristique de l'iode.

Du reste, contrairement à l'idée émise par Blondlot (*loc. cit.*), Béchamp attribue le phénomène de coloration bleue de l'amidon par l'iode, à la partie amylacée elle-même et non point à la matière azotée que renferment les granules féculents. (*A ce propos, voir plus haut, p. 54, ce qui a été dit de la structure et de la composition de la fécule.*)

(1) *Ann. de chim. et de phys.*, t. LIII, p. 73, 1833.
(2) *Diastase* vient de διάστασις qui veut dire séparation.

ou bien est-ce que, par sa nature même, cette matière est variable ? Toujours est-il que, jusqu'à présent, sa constitution chimique est aussi mystérieuse que son action.

Il n'était peut-être pas superflu de rappeler au lecteur ces faits d'ailleurs si dignes d'intérêt ; leur mention, toute rapide qu'elle est, lui expliquera suffisamment les efforts qui ont dû être tentés dans le but d'établir une similitude entre la diastase des graines céréales et le principe saccharifiant de la salive mixte.

Poursuivant cette voie, Mialhe (1) est parvenu à extraire de la salive *une substance particulière*, solide, blanche ou grisâtre, amorphe, insoluble dans l'alcool absolu, soluble dans l'eau et dans l'alcool faible ; substance qui, mise en contact avec la fécule crue, la fécule anhydre ou la fécule hydratée, donne lieu, suivant lui, exactement aux mêmes réactions que la salive elle-même, et dont l'énergie est telle que 1 partie en poids suffit pour liquéfier et convertir en dextrine et en glycose plus de 2000 parties de fécule (*). Du reste, aux yeux de l'auteur, ce qui donne encore à ce résultat une valeur plus grande, c'est que cette substance (*diastase animale ou salivaire*) et le principe saccharifiant des graines céréales germées (*diastase végétale*) offrent absolument les mêmes réactions chimiques, que de plus l'une et l'autre se trouvent en même quantité dans le règne animal et le règne végétal. En effet, la proportion du principe actif de la salive, chez l'homme, excéderait rarement 2 millièmes, et c'est justement la proportion de diastase qui existe dans l'orge germée.

II. L'existence et le rôle physiologique d'un principe ou ferment spécial qu'on appellerait *diastase salivaire*, et qui serait assimilable au ferment des graines amylacées lors de la germination, ont soulevé bien des objections, bien des doutes, et même ont donné lieu aux dénégations les plus formelles. Nous essaierons, ici, d'établir ce que nous croyons être la vérité, en nous aidant soit de nos propres résultats, soit de ceux de l'auteur le plus intéressé dans cette question.

Que ces substances azotées (*diastase végétale et diastase animale*) soient ou ne soient pas des particules organiques en voie de décomposition, des produits d'altération de véritables principes immédiats, avant d'aller plus loin reconnaissons que ni l'une ni l'autre ne sauraient être considérées comme des *principes immédiats* particuliers, puisque leur constitution chimique n'a jamais pu être fixée d'une manière définitive.

Le phénomène de la transformation de l'amidon hydraté en glycose peut être produit par d'autres liquides animaux que la salive (**) ; tels sont : le sang, le pus, le contenu de certains kystes, une macération de lambeaux de membrane mu-

(1) *Mém. cit.*

(*) La substance dont il s'agit, qui est l'analogue de la *ptyaline* de Berzelius, se prépare de la manière suivante : on commence par filtrer la salive humaine, puis on la traite par cinq ou six fois son poids d'alcool absolu que l'on ajoute du reste jusqu'à cessation de précipité. La matière solide, blanche et floconneuse, qui se précipite, est alors recueillie sur un filtre et étalée en couches minces sur une lame de verre pour y être desséchée à l'aide d'un courant d'air chaud à la température de 40 à 50 degrés ; une fois desséchée, on la conserve dans un flacon bien bouché.

La *ptyaline*, préparée à la manière de Berzélius (*Traité de chimie*, t. VII, p. 155, édit. franç., Paris, 1855) n'agit point sur l'amidon comme la ptyaline préparée par Mialhe, sans doute parce que les divers traitements au moyen desquels on se procure la première, et surtout les traitements à chaud, détruisent son pouvoir saccharifiant en altérant sa nature.

(**) Le fluide pancréatique, la bile et le suc intestinal seront étudiés, plus tard, à ce point de vue.

neuse ou de toute autre partie animale, etc. (1). Quant au fluide salivaire lui-même, sa propriété saccharifiante a été regardée « comme d'autant plus énergique que la bouche est dans un état de santé moins parfait : la salive provenant d'une bouche qui est le siége d'une inflammation, comme cela résulte d'une salivation mercurielle ou de dents cariées, jouit au plus haut degré de cette propriété..... De telles salives présentent au microscope de nombreux globules de pus, qui existent toujours, mais en quantité moins considérable, dans la salive normale (2). »

Personne ne conteste que des liquides qui renferment des particules organiques zotées en voie de décomposition, et partant susceptibles d'agir à la manière de rments, ne puissent opérer la transformation partielle de l'empois d'amidon en extrine et même en glycose. Mais il importe de faire observer, d'une part, que ous le rapport de la rapidité et de l'énergie d'action de pareils liquides ne peuvent re comparés à la salive ; d'autre part, que ce n'est qu'à l'aide d'une fermentation utride qu'ils entraînent des modifications lentes dans l'amidon hydraté. Or, les rocédés de la putréfaction ne sont pas de ceux qui s'observent dans l'accomplissement des phénomènes de la digestion en général, et il répugnerait d'admettre que fluide salivaire empruntât exceptionnellement à ces procédés l'influence qui ous occupe.

A ce sujet, je rapporterai un résultat de mes expériences opposé à l'opinion après laquelle la puissance transformatrice de la salive serait d'autant plus active ue ce fluide renfermerait un plus grand nombre de particules organiques en voie décomposition.

J'ai recueilli la salive d'individus peu soucieux de la propreté de leur bouche, ez qui les intervalles dentaires étaient constamment remplis de détritus de toutes rtes et dont l'haleine était habituellement fétide ; j'en ai recueilli chez des per-nnes dans des conditions tout opposées, et immédiatement après que les dents leurs intervalles avaient été frottés avec une brosse, la langue raclée sur le dos la bouche entière scrupuleusement rincée. L'une et l'autre de ces salives, mé-ngées avec des quantités déterminées d'empois d'amidon, ne m'ont offert, sous rapport de leur propriété saccharifiante, aucune différence appréciable.

En eût-il été ainsi, si réellement la salive n'empruntait son action chimique qu'à s matières organiques décomposées ?

Après tout, qu'importe que la transformation des principes amylacés en glycose isse s'opérer sous des influences d'une tout autre nature que l'influence de la ive buccale ? Pour l'instant, il nous suffit d'avoir positivement reconnu que ce ide jouit à un haut degré de cette puissance transformatrice. Parce que d'autres bstances azotées que la levûre de bière ont aussi le pouvoir de donner lieu à la mentation alcoolique, a-t-on nié la spécificité d'action chimique du ferment de re sur les sucres ? Et, quand j'ai démontré expérimentalement que le fluide minal avait sur les corps gras neutres la même action que le suc pancréatique (3), -on envisagé ce fait intéressant comme étant de nature à restreindre le rôle de

(1) MAGENDIE, *Note sur la présence normale du sucre dans le sang*, dans *Comptes rendus l'Acad. des sciences*, 1846. — CL. BERNARD, *Mém. cit.* et article intitulé *De la salive*, dans ournal *La Science*, n° du 17 juin 1855, édit. hebdomadaire.

(2) P. 212 de ce dernier recueil.

(3) Voir ma note intitulée : *De l'action du fluide séminal sur les corps gras neutres* ; dans *Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, séance du 4 décembre 1854, et dans les *Ann. des sc.* ., t. III, 4e série.

ce dernier fluide dans la digestion des matières grasses, ou bien à faire rejeter l'existence du *principe actif* particulier qu'on y avait admis ?

III. Quelle que soit la nature du principe fermentifère ou saccharifiant qui, de l'aveu de tous les expérimentateurs, se trouve dans la salive *mixte*, il nous reste à en déterminer la source.

Ce principe est-il fourni par les glandes salivaires proprement dites ou par l muqueuse buccale? Les résultats d'expériences encore assez récentes (1) sont que chez le cheval, la salive parotidienne *seule* n'a pas le pouvoir de convertir l'empoi d'amidon en sucre, qu'il en est de même de la salive parotidienne du chien, de l salive sous-maxillaire du même animal, et du mélange de ces deux salives d'abor recueillies séparément dans leurs conduits; tandis que la salive mixte qui exist naturellement dans la bouche du cheval ou dans la gueule du chien, quoiqu'agis sant avec moins de rapidité que celle de l'homme, jouit de propiétés sacchar fiantes incontestables. Ajoutons que ces mêmes propriétés sont attribuées au liqui filtré qui provient de la macération de membranes buccales préalablement exposées l'air pendant trente-six heures, par une température de + 40 degrés centigrade membranes qu'on suppose avoir cédé à l'eau un principe actif soluble. De là cet induction : Puisque la muqueuse buccale toute seule peut convertir l'amidon glycose, tandis que les fluides sécrétés par les glandes salivaires ne peuvent faire même chose sans l'intervention de cette muqueuse, le ferment transformateur l'amidon est donc fourni par la membrane de la bouche et non par les glandes salivair

Je crois avoir suffisamment insisté sur les motifs qui empêchent d'assimiler le mo d'action de la salive à celui d'une macération de parties animales faite dans les pr cédentes conditions; je n'y reviendrai pas. Mais, en supposant exacte, pour cheval et le chien, la distinction entre la salive directement extraite des glan salivaires et la salive contenue dans la bouche (distinction sur laquelle se for surtout la conclusion dont j'examine ici la valeur), je ne puis l'admettre com s'appliquant aux mammifères en général et à l'homme en particulier :

1° En effet, pendant l'été de 1854, en cherchant à déterminer l'intensité relat du pouvoir saccharifiant du pancréas et des glandes salivaires, souvent il m'est arri après les avoir extraits au moment même de la mort de l'animal (mouton ou bœu et les avoir divisés en minces fragments, de placer ces fragments dans des va séparés, renfermant de l'empois d'amidon, et au bout de deux à trois heures a une température de + 40 à 45 degrés centigrades, de trouver une quantité not d'amidon convertie partie en dextrine et partie en glycose. Or, en ce qui touche glandes salivaires, évidemment ici il n'est plus possible de regarder la muque buccale comme source du principe saccharifiant, ni celui-ci comme un proc complexe de substances organiques en voie de décomposition (*).

(1) LASSAIGNE, *Rech. pour déterminer le mode d'action qu'exerce la salive pure l'amidon à la température du corps des animaux mammifères et à celle de + 75 de centigr.* ; dans *Comptes rendus des séances de l'Acad. des sc. de Paris*, 1845, t. XX, p. et 1640. — MAGENDIE, RAYER et PAYEN, *Étude comparative de la salive parotidienne et salive mixte du cheval, sous le rapport de leur composition chimique et de leur action su aliments* ; rapport lu à l'Académie des sciences de Paris dans sa séance du 20 octobre 1845, i t. XXI, p. 903. — CL. BERNARD, *Mem. sur le rôle de la salive dans les phénomènes digestion*, dans *Arch. gén. de Méd.*, 1847, t. XIII, 4e série.

(*) Ces expériences comparatives m'ont aussi révélé une particularité digne d'intérêt : si le tis pancréas, imprégné du produit de sa sécrétion, jouit sans contredit de la puissance saccharifiai plus énergique, les différentes glandes salivaires n'ont pas cette puissance au même degré, et, s point de vue, les sous-maxillaires et les sublinguales l'emportent assez notablement sur les paro

2° Quant à l'expérience suivante, qui vient à l'appui de la précédente, chacun pourra facilement la répéter et la vérifier sur soi-même ou sur d'autres personnes : la bouche et les dents étant préalablement nettoyées et lavées avec soin, j'écarte les mâchoires et relève la pointe de la langue de façon à découvrir le frein de cet organe et la partie du plancher buccal sur laquelle s'ouvrent les canaux excréteurs des glandes sous-maxillaires et sublinguales; puis, pour éviter tout mélange avec la sécrétion parotidienne ou avec celle des lèvres et des joues, j'oblitère avec de la cire blanche les intervalles dentaires inférieurs et entoure extérieurement l'arcade alvéolaire d'une anguette d'éponge fine propre à s'imbiber de ces dernières sécrétions. A peine un peu d'acide acétique a-t-il été inspiré ou flairé, qu'aussitôt on voit affluer, derrière les dents incisives et canines, une quantité notable de salive (*) qu'on recueille, sans frottement, à l'aide d'un petit morceau d'éponge fine, ou encore mieux, qu'on laisse couler directement dans un vase, en maintenant la bouche ouverte et la tête convenablement inclinée. Cette salive, qui ne peut être mêlée qu'avec une bien minime quantité de mucus, est parfaitement transparente et limpide, mais très visqueuse et filante, surtout dans les premiers instants de l'expérience (**) ; examinée au microscope, elle ne laisse apercevoir ni cellules épithéliales, ni d'autres débris provenant de la cavité orale. Or, ayant mélangé avec de l'empois d'amidon cette salive si pure qui était évidemment exempte de particules organiques en voie de décomposition, et qui, d'ailleurs, n'avait point subi le contact de la muqueuse, je lui ai toujours trouvé une faculté saccharifiante non moins grande qu'à la salive mixte ; il en a été de même de la salive parotidienne, mais celle-ci était mêlée au mucus des lèvres et des joues. Dès lors, au moins pour cette salive sous-maxillaire et sublinguale, comment donc admettre encore que son ferment transformateur provienne de la membrane de la bouche ou de matières azotées en voie de décomposition? Ou bien comment souscrire à une théorie ainsi formulée : « Si la salive humaine possède à un plus haut degré la faculté fermentescible que celle des autres mammifères, cela tient à ce que, par l'acte habituel de la phonation, l'accès de l'air fait subir aux matières organiques qui se rencontrent dans la bouche un commencement de décomposition qui suffit alors pour déterminer la transformation si facile de l'amidon hydraté en glycose (1). »

3° Enfin, comme dernière preuve touchant l'origine du principe actif de la salive dans le tissu glandulaire lui-même et non aux dépens de particules organiques azotées se décomposant à la surface muqueuse de la bouche, je rappellerai que, dans le cas de fistule du conduit de Sténon, chez l'homme, il a été constaté que le liquide parotidien, recueilli par la fistule, donnait exactement les mêmes réactions que la salive mixte ou buccale, c'est-à-dire qu'il transformait la gelée d'amidon en dextrine et en glycose (2).

IV. En étudiant, plus haut, le principe actif de la salive dans ses effets, dans sa nature et son origine, nous avons vu qu'il devait être rangé parmi les agents chi-

(*) En moins d'une demi-heure j'ai pu ainsi me procurer jusqu'à 25 grammes de salive provenant des glandes sous-maxillaires et sublinguales.

(**) Je reviendrai ailleurs sur la propriété que m'a offerte cette salive d'*émulsionner* d'abord les matières grasses et de se troubler fortement par l'acide phosphorique mono-hydraté.

(1) Voir le journal *La Science*, édit. hebdomadaire, n° 14, p. 212, pour l'année 1855; article intitulé : *De la salive*.

(2) *Observation de* JARJAVAY *et de* MIALHE; dans *Cours de physiologie*, par P. BÉRARD, t. II, 403, Paris, 1850.

miques qui opèrent à l'aide des infiniment petits, c'est-à-dire parmi les ferments. I reste à démontrer que ce principe constitue bien réellement un ferment particulier ou *sui generis*, dont on ne saurait nier, dans aucun cas, la spécificité d'actio chimique sur une classe déterminée d'aliments (*). En effet, je le dis à l'avance je ne suis point de ceux qui admettent que la salive, le fluide pancréatique et l suc gastrique renferment un seul et même principe organique dont le mode d'ac tion sur les aliments différerait seulement par suite de la nature chimique d milieu; qu'ainsi, les matières amylacées et albuminoïdes seraient transformées e dissoutes indifféremment par ces trois liquides digestifs, à l'aide d'un agent fer mentifère commun qui attaquerait les féculents dans un milieu alcalin, ou les albu minoïdes dans un milieu acide (1). Mes convictions, opposées à cette manière d voir, se fondent sur des faits que j'ai pu souvent observer, et qui sont d'ailleu faciles à reproduire :

1° Ayant légèrement acidifié, avec l'acide chlorhydrique, de la salive normale ment alcaline (de manière que son degré d'acidité fût à peu près le même que cel du suc gastrique), j'y plongeai de la fibrine extraite du sang de bœuf et aussi de viande du même animal cuite ou crue et divisée en assez minces faisceaux; puis mis le tout, pendant quatre, six, douze et vingt-quatre heures, au bain-marie ent + 35 et 38 degrés centigrades. Fréquemment je constatai, à la fin de l'exp rience, que la fibrine, devenue d'abord demi-transparente par suite de son hydr tation, finissait par disparaître et se dissoudre par l'agitation, dans la salive acid fiée. Mais jamais il n'en fut ainsi de la viande crue ou cuite ni de l'albumi coagulée : ces substances ne me parurent pas même offrir à leur surface un com mencement d'altération quelconque.

Quant à la fibrine, il y aurait erreur grave à conclure de sa dissolution à *transformation digestive*. En effet, on sait, depuis les intéressantes recherches Bouchardat, qu'elle est soluble dans l'eau faiblement acidulée, spécialeme par l'acide chlorhydrique ; et d'ailleurs il m'a été aisé de reconnaître, à l'aide certains réactifs, que j'avais affaire seulement à une *simple dissolution* et non une transmutation de cette matière azotée. Ainsi, en traitant la précédente dis lution de fibrine par l'acide chlorhydrique en plus forte proportion, ou bien p le prussiate jaune de potasse, j'ai obtenu aussitôt, dans l'un et l'autre cas, un pr cipité blanc soluble dans un excès de chacun de ces réactifs. Or, des recherc antérieures m'avaient appris que jamais ces réactions n'ont lieu quand la fibrin réellement subi la transformation digestive. J'ajouterai que la solution de bich rure de mercure peut aussi servir à distinguer, dans un liquide digestif, la fibr *digérée* de la fibrine seulement *dissoute*; car, dans le premier cas, il se forme précipité abondant qui disparaît par l'ébullition et reparaît par le refroidisseme tandis que, dans le second, rien de pareil ne se manifeste : ce dernier cas a celui qui nous occupe. Enfin, je rappellerai que des expériences, dont j'ai consi les résultats ailleurs (2), m'ont révélé un moyen de distinguer sûrement

(*) Si le même principe existe aussi dans le *suc pancréatique*, comme l'ont établi Boucha et Sandras, c'est que, comme on le verra plus tard, ce dernier fluide exerce sur les aliments a lacés la même action que la salive.

(1) Cl. Bernard et Barreswil, *Comptes rendus des séances de l'Acad. des sciences de Pa* 7 juillet 1845.

(2) Voir notre mém. intitulé : *Nouvelles recherches relatives à l'action du suc gastrique les matières albuminoïdes ;* dans *Ann. des sc. nat.*, 4ᵉ série, t. III (lu à l'Académie des scie dans la séance du 5 février 1855).

matières albuminoïdes (partant la fibrine) *avant* et *après* l'élaboration digestive. Ce moyen consiste dans l'usage d'un réactif composé de glycose et de bitartrate de cuivre et de potasse dans certaines proportions : s'il n'y a que *dissolution* du principe albuminoïde, la réduction du sel de cuivre s'effectue par l'ébullition, et il y a précipitation d'hydrate d'oxydule de cuivre ; si, au contraire, le principe immédiat azoté a réellement subi l'action dissolvante et transformatrice de laquelle résulte *sa digestion*, la réduction manque. Or, au contraire, la réduction a eu lieu constamment dans toutes nos digestions artificielles, avec la salive acidifiée ; aussi concluons-nous que ce liquide, ainsi modifié, ne saurait accomplir la transformation physiologique ni de la viande, ni de ses congénères.

2° Voyons maintenant s'il est vrai qu'à son tour le suc gastrique, en présence des alcalis, puisse transformer les aliments amylacés en glycose, c'est-à-dire usurper le rôle de la salive et du suc pancréatique, tout en perdant sa faculté essentielle qui est de digérer, en présence des acides, les matières azotées ou albuminoïdes.

J'ai fréquemment changé la réaction acide du suc gastrique de chien, recueillie par le moyen des fistules stomacales, et j'ai rendu ce liquide *alcalin* par l'addition d'un peu de carbonate de soude, dans le but de savoir si sa matière organique active, se trouvant placée dans un milieu à réaction alcaline, changerait en effet le rôle physiologique et pourrait alors modifier très rapidement l'amidon. Mais une première condition était à remplir pour pouvoir donner la solution du problème : il fallait faire usage d'un suc gastrique exempt, ou à peu près, de tout mélange avec le fluide salivaire. On peut prévenir ce mélange en plaçant un bâillon épais (en bois) dans la gueule d'un chien porteur d'une fistule stomacale ; dès lors tout mouvement de déglutition devient impossible, et, la tête de l'animal étant inclinée vers la terre, forcément la salive s'écoule hors de la gueule maintenue béante. Des injections d'eau distillée et tiède sont poussées, à jeun, par la fistule dans l'estomac, de manière à en bien laver les parois ; puis on procède, comme à l'ordinaire, pour se procurer du suc gastrique dans ces conditions.

Le suc gastrique ainsi recueilli, alcalinisé par l'addition d'un peu de carbonate de soude, puis mis en contact, pendant plusieurs heures et par une température de 35 à 38 degrés centigrades, avec de l'empois d'amidon récemment préparé, n'a jamais déterminé la transformation de la fécule en dextrine et en glycose.

Il n'en a plus été de même quand un peu de ma propre salive a été ajouté au précédent suc gastrique déjà rendu alcalin ; l'empois d'amidon a été rapidement fluidifié et transformé. Mais un pareil résultat ne saurait surprendre, puisqu'ici il y a eu intervention du principe actif de la salive elle-même, naturellement apte à produire cette transformation.

Ainsi, dans certains cas, après avoir saturé par un alcali l'acidité d'un suc gastrique *impur* en ce sens qu'il était évidemment mélangé avec de la salive, quand d'autres expérimentateurs ont constaté la saccharification de la fécule à l'aide de ce suc, cela ne voulait pas dire, comme ils l'ont cru, qu'en changeant la nature chimique du milieu ils changeaient aussi le rôle d'un principe actif unique, mais cela signifiait tout simplement qu'ils rendaient à l'*un* des deux ferments de ce liquide mixte les propriétés saccharifiantes que sa combinaison avec les acides avait pu momentanément dissimuler.

On a récusé, dit Mialhe (1), l'influence de la salive, par la raison que les

(1) Ouvr. cit., p. 63.

acides empêchent l'action du ferment, comme l'ont montré Boutron et Frémy ; et l'on a dit : l'estomac présente une acidité constante au moment de la digestion ; or la salive, qui à peine a eu le temps, dans la bouche, de modifier la fécule, perd toute son action, une fois arrivée dans le ventricule gastrique.

Il n'est pas exact d'admettre que les substances alimentaires féculentes, arrivant imprégnées de salive dans l'estomac, n'y éprouvent aucune modification, parce que les acides empêchent le principe actif de la salive d'exercer son action saccharifiante. En effet, cette condition n'existerait qu'autant que l'amidon, la salive et l'acide seraient *seuls* en présence ; mais aussitôt qu'une substance albuminoïde est ajoutée, elle s'empare immédiatement d'une portion de l'acide qui a beaucoup d'affinité pour elle, et le ferment salivaire reprend en tout ou en partie son pouvoir saccharifiant (Mialhe). Or, on sait que, même chez les herbivores, les aliments amylacés ne se trouvent pas ordinairement seuls dans la cavité stomacale.

Je me suis aussi convaincu du peu de fondement de la précédente objection à l'aide d'expériences que j'ai déjà consignées ailleurs (1) et résumées en ces termes :

« Des doutes se sont élevés récemment et des négations ont été émises relativement au pouvoir qu'aurait la salive de continuer son action, *dans l'estomac*, sur l'empois d'amidon avec lequel elle arrive mélangée. On a prétendu que l'état *alcalin* de la salive était nécessaire à son action saccharifiante ; or, dans l'estomac, le suc gastrique acide neutralisant d'abord, puis acidifiant bientôt la masse avalée, arrête, dit-on, l'action de la salive. Bien des fois il m'est arrivé de faire des mélanges de suc gastrique, de salive, de fibrine et d'empois d'amidon dans des proportions convenables pour que l'acidité du suc gastrique fût dominante, et je me suis convaincu que, dans ces cas encore, on avait conclu à tort du manque de réduction du sel de cuivre à l'absence de la glycose ; tandis qu'en réalité ce principe sucré existait dans le mélange, et que sa réaction habituelle n'était que dissimulée par le produit transformé de l'aliment albuminoïde. »

Je dois à l'obligeance de Schiff, professeur à l'Université de Berne, de connaître les expériences suivantes, faites sur une femme atteinte de fistule gastrique, expériences qui démontrent aussi qu'en effet l'action de la salive n'est point empêchée par la présence du suc gastrique. Elles sont dues à Grünewaldt (2) et surtout à E. Schrœder (3), qui en ont fait le sujet de thèses qu'ils ont soutenues, à Dorpat, en 1853.

« Après un repas de *fécule crue*, on ne trouva pas de sucre dans le contenu de l'estomac, on filtra le suc acide retiré par la fistule, et on le mêla avec de l'empois : la transformation en sucre commença aussitôt. Comme l'avait observé Bidder, la propriété transformatrice de la salive persiste, même en présence des acides libres. »

« Quelques onces d'amidon gonflé par l'eau bouillante furent introduites dans l'estomac, à jeun, à travers la fistule ; aussitôt après, une portion de l'amidon fut expulsée de nouveau : déjà elle contenait du sucre. Un quart d'heure après, on trouva beaucoup de glycose dans l'estomac, et l'empois était devenu entièrement fluide. »

(1) LONGET, *Nouvelles recherches relatives à l'action du suc gastrique sur les matières albuminoïdes* ; mém. inséré dans les *Ann. des sc. nat.*, 4e série, t. III, 1855.

(2) *Succi gastrici humani indoles physica et chimica ope fistulæ stomacalis indagata*, Dorpat, 1853.

(3) *Succi gastrici humani vis digestiva ope fistulæ stomacalis indagata*, Dorpat, 1853.

« *Saliva*, dit Ern. Schrœder, *in ipso ventriculo eam habet vim, quâ amylum urgefactum quàm celerrimè in saccharum transformetur.* » Puis il insiste sur 'ette particularité que l'amidon *cru*, donné par la bouche, n'a été qu'en partie ransformé dans l'estomac et que l'autre portion est évidemment passée dans 'intestin sans avoir encore subi d'altération. Dans quelques expériences compa-atives, exécutées sur un chien portant une fistule gastrique, Schrœder a reconnu jue la saccharification de l'empois d'amidon était bien loin d'être aussi rapide que 'hez la femme qui s'était prêtée à ses recherches.

Aussi est-ce à tort que, dans ces cas, les expérimentateurs se servent du chien jui, comme tous les autres carnassiers, ne fait qu'exceptionnellement usage d'ali-nents féculents, et dont par conséquent la salive n'a, pour ainsi dire, que des sages mécaniques; chacun sait qu'il avale sa nourriture sans la mâcher. De là, ı possibilité de l'alimenter en introduisant celle-ci directement par des fistules astriques et en supprimant à peu près le concours du fluide salivaire. Il n'en est lus de même des ruminants, par exemple, qui font des matières amylacées leur rincipale nourriture : chez eux, la mastication et l'insalivation deviennent des ctes si importants qu'elles se répètent plusieurs fois.

Il ne faudrait pas néanmoins, à l'exemple de certains auteurs, vouloir attribuer ne importance trop grande et trop exclusive à l'action du fluide salivaire sur 's matières féculentes pour les convertir en glycose. Si cette action, à peine com-iencée dans la bouche, se continue, comme nous l'avons prouvé, dans l'estomac ui-même et au delà, à l'aide de la salive qui imprègne l'aliment avalé et de celle ui est déglutie après le repas, ce fluide n'est pourtant pas seul à agir dans un areil sens : il est, au commencement de l'intestin grêle et aussi dans tout son arcours, deux autres produits de sécrétion qui seront étudiés ultérieurement, et ui, pour leur part, concourent à la transformation de la fécule insoluble en ıcre soluble; ce sont le fluide pancréatique et le suc intestinal.

Parmi les principes immédiats *hydro-carbonés*, il n'y a que la fécule qui éprouve ne modification chimique de la part du liquide salivaire. En effet, ce liquide ne araît en imprimer aucune à la cellulose, à la pectose, aux gommes, aux mucilages égétaux, ni au sucre de canne; il est également sans influence sur les matières buminoïdes ou protéiques, et sur leurs dérivés immédiats comme la gélatine et chondrine.

Quant aux *matières grasses*, j'ai maintes fois constaté, sur moi-même et sur 'autres personnes, que les salives sous-maxillaire et sublinguale, recueillies nsemble sur le plancher buccal derrière les incisives inférieures, jouissent de la ropriété de former, avec les corps gras, des émulsions assez complètes et d'autant lus durables que je maintenais la température entre 35 et 40 degrés centigrades. eur propriété émulsive m'a toujours paru être plus prononcée avant qu'après s repas (*).

D'autres recherches sont encore nécessaires avant qu'on soit autorisé à admettre ue l'alcalinité de la salive a réellement sur les acides introduits ou produits dans estomac l'influence que lui attribuent divers auteurs. Il ne paraît pas non plus u'on doive croire qu'elle occasionne, sur les parois de ce viscère, une excitation apable de déterminer une sécrétion plus abondante de suc gastrique et ainsi d'ac-iver d'une manière générale la digestion.

(*) A l'aide de l'acide phosphorique mono-hydraté, qui dénote si bien la présence de l'albumine, j'ai ussi obtenu, avec ces deux salives mélangées, un trouble bien plus marqué à jeun qu'après les repas.

SUC GASTRIQUE.

Depuis les mémorables travaux de Spallanzani sur les digestions artificielles, le *suc gastrique* a été l'objet de recherches incessantes qui ont révélé à quelques-uns de leurs auteurs des résultats aussi nouveaux qu'importants. Une étude qui embrasse ses appareils et son mode de sécrétion, ses modifications par divers agents, les procédés propres à le recueillir, sa composition chimique, ses éléments essentiels et le rôle propre à chacun d'eux, les conditions de la digestion naturelle ou artificielle, les changements des divers éléments nutritifs dans l'estomac, et enfin la digestibilité des aliments; une pareille étude, dis-je, doit être aussi féconde en applications pour le médecin, qu'elle est pleine d'attraits pour le physiologiste.

Cette dernière proposition trouvera sa preuve dans l'examen qui va être fait de ces diverses questions relatives surtout à la *digestion stomacale.*

I. Les organes qui sécrètent le suc gastrique sont situés dans la membrane muqueuse de l'estomac. Si, dans notre rapide description, viennent figurer d'autres appareils sécréteurs contenus dans l'épaisseur de cette membrane, c'est néanmoins à déterminer ceux qui ont rapport à la sécrétion du suc gastrique proprement dit que devront tendre plus spécialement nos efforts.

En examinant, sous le microscope, une coupe verticale et très mince de la muqueuse de l'estomac, on aperçoit une quantité innombrable de tubes à peu près cylindriques, rectilignes ou parfois tordus vers leur extrémité qui se termine en cul-de-sac dans la couche de tissu celluleux unissant la tunique muqueuse à la tunique musculeuse de l'estomac. L'épithélium cylindrique de la muqueuse stomacale, qui se continue dans ces tubes, ne se prolonge pas dans tous à une distance égale : cette différence dans la longueur du prolongement épithélial est particulièrement digne d'attention.

Si l'on observe ces mêmes tubes dans la portion médiane et dans la portion cardiaque de l'estomac du chien (animal qui a servi pour la plupart de nos recherches), on reconnaît qu'ils commencent à la surface muqueuse par une excavation infundibuliforme qui se continue en un cylindre creux dans une profondeur de 1/8^e à 1/4 de millimètre. Cette cavité tubaire, large d'environ 1/10^e de millimètre, se rétrécit un peu vers son fond où, assez souvent, elle se divise en deux ou même trois tubes qui continuent la direction verticale du tube primitif. Ces tubes secondaires conservent aussi, dans le premier tiers de leur longueur, l'épithélium cylindrique de la muqueuse stomacale ; mais, dans les deux derniers tiers, cet épithélium disparaît et fait place à des cellules tout à fait semblables à celles de l'épithélium pavimenteux, seulement un peu plus renflées. Ces cellules remplissent chaque tube à peu près complétement et, par place, distendent sa membrane assez fortement pour lui donner un aspect bosselé qui rappelle celui du gros intestin quand il est dilaté par des gaz. Elles ont un noyau central. Vers l'axe du tube, on ne voit plus de cellules complètes, mais seulement des couches de noyaux qui semblent n'être que des cellules encore incomplétement formées ; car ces noyaux ressemblent en tout à ceux de l'intérieur des cellules. La cavité des tubes renferme, en outre, une matière granuleuse très fine.

Dans la portion pylorique de l'estomac du même animal (chien), d'après Todd, Bowman (1) et Schiff (*), les tubes glandulaires prennent une autre forme. Le cylindre creux par lequel ils commencent est plus long et n'a pas d'abord la forme d'entonnoir. Les tubes secondaires sont plus courts, et leur canal intérieur, en général plus large, est tapissé jusqu'au bout par le même épithélium cylindrique qui revêt la muqueuse stomacale : ils sont également remplis par une matière granuleuse fine, mais on n'y observe pas de cellules arrondies.

Kölliker (2), examinant comparativement les glandes en tubes vers le pylore et dans le reste de l'estomac, a aussi constaté des différences chez le chien, le chat, le lapin, le porc, etc. Quant au cheval, il n'existe de glandes tubuleuses que dans les deux tiers pyloriques de l'estomac, où elles ont toutes le même aspect : aussi verrons-nous la portion cardiaque de cet organe, revêtue d'un épithélium qui est le prolongement de celui de l'œsophage, être exceptionnellement, chez cet animal, étrangère à la sécrétion du suc gastrique.

Avant Todd, Bowman, Schiff et Kölliker, Wasmann (3) avait déjà décrit, dans l'estomac du porc, deux espèces différentes de tubes : les uns, dit-il, situés principalement dans les régions cardiaque et pylorique, sont simples et partout revêtus d'épithélium cylindrique ; les autres existent dans une partie seulement de la muqueuse, « quæ mediam curvaturam majorem tenet, longitudine 6-8 pollicum, inde- » que in pariete anteriori atque posteriori ventriculi proxime a cardia adscendit, » ubi acuto angulo finitur. » Ces derniers sont spécialement des tubes à cellules arrondies. A cette différence des glandes stomacales correspond aussi, d'après Wasmann, un aspect différent de la membrane muqueuse, surtout bien manifeste, suivant Schiff, dans la moitié droite et la moitié gauche de l'estomac du rat commun et de la souris.

Il semble donc établi, par ce qui précède, que le mode de distribution des deux espèces de tubes ou de glandes gastriques varie dans les divers animaux.

Selon Frerichs (4), les tubes glandulaires, chez l'homme, sont plus droits, moins tortueux que chez le chien ; jamais ils ne se subdivisent. Le même auteur n'admet pas les glandes en grappe que Bischoff (5) dit avoir vues dans la région pylorique de l'estomac de l'homme et du chien. Purkinje, Pappenheim, Valentin, Lacauchie, ne les admettent pas non plus, et jamais nous-même nous n'avons rencontré de glandes en grappe dans l'estomac du chien. Peut-être Bischoff, en disant que, vers leur extrémité terminale, quelques glandes du pylore sont disposées en forme de grappe, n'a-t-il voulu exprimer que la division bifide ou trifide qui parfois nous paraît exister réellement chez l'homme : car, dans la figure qu'il donne des glandes pyloriques, on ne voit pas de vraies glandes en grappe.

Toutes les glandes stomacales de l'homme sont décrites par Frerichs comme étant dépourvues d'épithélium cylindrique, mais remplies de cellules rondes, de noyaux et aussi de granules qu'il considère comme principalement formés d'une matière graisseuse.

Allen Thomson (6) a figuré les glandes tubuleuses de l'estomac humain exac-

(1) *The Physiological Anat. and Physiol. of Man*; Part. III, p. 192. London, 1845-53.
(*) Communication écrite (septembre 1851).
(2) *Mikrosk. Anat.*, t. II, p. 140. Leipzig, 1850-54.
(3) *De digest. nonnulla*, etc. Berolini, 1839, p. 9.
(4) WAGNER'S *Handwörterbuch*, etc., t. III, 1849.
(5) MUELLER'S *Archiv*, 1838, pl. XIV, fig. 3.
(6) GOODSIR, *Annals of Anat. and Physiol.*, t. I, tab. III, fig. 283.

tement comme les décrit le précédent observateur; seulement il admet qu'assez fréquemment elles se divisent. Il y a une grande ressemblance entre ses figures et ce que nous avons observé dans la région cardiaque de l'estomac du chien.

La différence qui existe aussi, chez l'homme, entre les tubes gastriques de diverses portions de l'estomac, n'avait pas été signalée par les auteurs. Mais, comme la portion pylorique de l'estomac humain, ainsi que Schiff l'a constaté récemment, ne peut pas servir à la préparation du suc gastrique artificiel, et qu'il en est de même chez les animaux qui ont, dans la région pylorique, des glandes différentes de celles qui existent dans le reste de l'estomac, on pouvait en induire que probablement aussi, chez l'homme, les glandes de la région pylorique diffèrent de celles qu'on trouve dans les autres portions de ce viscère. Cette présomption s'est réalisée dans les observations qu'a faites Schiff sur l'estomac de deux enfants et d'un supplicié, observations confirmées depuis par Donders (*).

Plus loin, nous verrons que les tubes à cellules arrondies, tubes qu'on rencontre spécialement dans les parties moyenne et cardiaque de l'estomac de l'homme, du chien, etc., semblent être ceux qui sécrètent le principe digestif.

Il serait inexact de croire, avec Lacauchie, que Galeati et Lieberkühn ont découvert les tubes gastriques. Ces auteurs ont parlé seulement des glandes tubuleuses de l'intestin et non de celles de l'estomac. C'est Sprott Boyd (1) qui, le premier, a fait connaître les tubes gastriques. Bischoff (2), Wasmann (3), Pappenheim (4), Purkinje (5), Krause (6), J. Thomson (7), Henle (8), Lacauchie (9), Frerichs (10), Allen Thomson (11), etc., ont contribué successivement à éclairer ce point de la science.

Haller et ses contemporains n'ont pas connu les tubes glandulaires de l'estomac; mais ils parlent de follicules lenticulaires visibles à la loupe ou même à l'œil nu. D'après les micrographes modernes, ces follicules ne sont pas constants chez l'homme, et, quand on les rencontre, ils sont très variables en nombre et en volume : on les trouve bien plus souvent chez le chien et surtout chez le cochon. Ils sont situés dans l'épaisseur de la muqueuse entre les tubes sécréteurs. Dans l'état de santé, leur volume varie d'un quart à un douzième de millimètre ; dans l'enfance, et surtout dans certaines maladies, ils semblent augmenter de volume et même de nombre.

L'étude du développement de ces glandes lenticulaires a été faite avec soin par Frerichs (12). Elles prennent naissance au-dessous des tubes gastriques et forment des vésicules arrondies, closes de toutes parts et pourvues de cellules, de noyaux, et de granules nageant dans un fluide alcalin. Ce contenu leur donne l'aspect d'un corps solide qui, éclairé d'en haut, paraît blanchâtre. En augmentant de volume, elles arrivent à la surface de la muqueuse, où chacune s'ouvre enfin par déhis-

(*) *Physiologie des Menschen*. Leipzig, 1856, p. 208.
(1) *Edinb. Med. and Surg. Journ.*, t. XLVI, année 1836, p. 382.
(2) MUELLER'S *Archiv*, 1838.
(3) *De digestione nonnulla*, etc. Berlin, 1839.
(4) *Zur Kenntniss der Verdauung*. Breslau, 1839.
(5) *Bericht der Naturforscherversammlung*, dans *Isis*, 1838.
(6) MUELLER'S *Archiv Jahresbericht*, 1839, p. CXX.
(7) *Report of the British Associat.*, 1840, p. 149.
(8) *Allgem. Anat.*, trad. franç. de Jourdan, t. II, p. 487 et suiv.
(9) *Études hydrot. et microsc.* Paris, 1844.
(10) WAGNER'S *Handwörterbuch*, etc., t. III, 1849.
(11) GOODSIR, *Annals of Anat. and Physiol.*, t. I, 1850.
(12) WAGNER'S *Handwörterbuch*, etc., t. III.

cence. L'ouverture est longitudinale, arrondie ou triangulaire. Allen Thomson (1) a aussi observé la même marche dans le développement de ces glandes. Quant aux corpuscules solides, en forme de croissant, dont les extrémités se terminent à la surface de la muqueuse, et qui constituent des organes, sans cavité et sans ouverture, que Gruby dit avoir vus dans la muqueuse gastrique, ils ne sont probablement autre chose que ces glandes inconstantes, dans un état peu avancé de leur développement.

En définitive, comme appareil glandulaire constant, annexé aux parois gastriques et généralement admis aujourd'hui, il n'y a donc que les glandes à forme tubuleuse, glandes d'ailleurs si nombreuses que, dans l'estomac humain, leur somme a été évaluée à plus de *cinq millions*. C'est dans l'épaisseur de leur *membrane propre*, qui est finement granuleuse, résistante, très mince et transparente, que viennent se répandre les dernières ramifications des artères de l'estomac; les veines qui rampent dans la tunique celluleuse en naissent pour la plupart, aussi bien que les vaisseaux lymphatiques émanés en si grand nombre de la muqueuse gastrique.

II. Les deux espèces de tubes glandulaires de l'estomac, qui viennent d'être signalées plus haut, répondent à deux produits de sécrétion dont les usages sont bien distincts : cette vérité, sur laquelle Wasmann, Todd et Bowman ont les premiers attiré l'attention, paraît avoir été mise hors de doute, surtout par les expériences encore récentes de Schiff, Kölliker, Donders, etc. 1° Les tubes à épithélium ou à cellules cylindriques sécrètent le *mucus* qui forme un enduit plus ou moins épais à la surface interne de l'estomac ; 2° les tubes à cellules arrondies se rapportent à la sécrétion du *suc gastrique*.

En effet, les dernières cellules dont il s'agit arrivent toujours à la surface de la membrane muqueuse avec ce fluide, et, lorsque la digestion est achevée, on trouve les tubes presque vides, sans cellules et sans noyaux ; il n'y reste même que peu de granules (2). Pendant le jeûne, les cellules arrondies se forment de nouveau; elles sont très abondantes après une abstinence un peu prolongée. Mais exposons surtout les expériences qui démontrent les attributions différentes des deux sortes de tubes glandulaires, en nous rappelant que les tubes de la première espèce (*glandes muco-gastriques*) occupent la région pylorique de l'estomac, tandis que ceux de la deuxième (*glandes pepto-gastriques*) se rencontrent spécialement dans les régions cardiaque et moyenne de cet organe.

Schiff (3), ayant fait des recherches comparatives en préparant séparément du suc gastrique artificiel avec la portion cardiaque et avec la portion pylorique de l'estomac de l'homme et du chien, reconnut que cette dernière ne fournissait pas, comme l'autre, un produit doué de la faculté digestive. Il vit aussi que des cubes d'albumine cuite, mis en contact avec une infusion acidulée de cette partie de la muqueuse stomacale, se comportaient comme avec les acides dilués. Toutefois, en multipliant ses expériences, il observa, dans quelques cas où il n'avait agi qu'avec la portion pylorique et où il ne s'attendait pas à obtenir la moindre solution digestive, qu'après quarante-huit heures (temps plus que suffisant au véritable suc gastrique

(1) *Loc. cit.*, p. 36.
(2) FRERICHS, *ouv. cit.*, t. III, p. 749.
(3) *Loc. cit.*

artificiel pour digérer l'albumine coagulée), les angles des cubes dans l'infusion pylorique étaient devenus légèrement pulpeux. Cette remarque l'engagea à faire de nouvelles recherches microscopiques, et il reconnut, ce qu'il avait présumé, que les tubes à cellules rondes ne cessent pas subitement à une certaine distance du pylore, mais qu'on en rencontre encore quelques-uns entremêlés parmi les tubes à épithélium cylindrique, jusqu'à une certaine distance de la valvule pylorique. Aussi attribua-t-il à l'influence de ces tubes isolés le commencement de digestion qu'il avait exceptionnellement observé. Il obtint les mêmes résultats avec l'estomac du lapin.

Kölliker (1) mentionne des expériences, analogues aux précédentes, qu'il a faites avec le docteur Goll, de Zurich. Ces deux savants ont opéré spécialement sur l'estomac du porc, et ils ont trouvé que, si l'infusion acidulée des tubes à cellules rondes digère en très peu de temps les substances albuminoïdes, celle des tubes à épithélium cylindrique ne digère rien, ou n'exerce qu'une très faible action même après un temps très prolongé.

Au rapport du même anatomiste (2), le docteur Berlin serait parvenu à distinguer, parmi les glandes tubuleuses de l'estomac des oiseaux, celles qui sécrètent un mucus ordinaire, celles qui sécrètent un fluide neutre contenant de la pepsine, d'autres enfin qui ne produisent qu'un liquide acide sans traces de pepsine.

Ces dernières observations tendraient donc à faire croire que les deux éléments essentiels du suc gastrique (*acide* et *pepsine*) sont fournis par deux espèces distinctes de glandes stomacales.

Quant aux follicules lenticulaires, ou aux corpuscules de Gruby, on ne saurait guère leur attribuer un rôle analogue à celui des glandes pepto-gastriques. En effet, ces organes ne sont pas même constants, et, quand ils existent, leur nombre est toujours assez minime; variables suivant l'âge, ils ne renferment pas les cellules qui accompagnent la sécrétion du suc gastrique, et leur contenu est alcalin; au commencement de leur développement, ils n'atteignent pas même la surface de la muqueuse, mais sont recouverts par les glandes tubuleuses. Dans la forme où Gruby les a vus, ils ont un corps presque solide, sans ouverture, et, une fois ouverts, ils perdent leur contenu pour ne plus le reproduire. Enfin, dans quelques maladies où on les trouve plus développés et un peu plus nombreux, la force digestive de l'estomac ne paraît jamais augmentée et semble plutôt toujours diminuée.

Il est un autre point de l'histologie de l'estomac, concernant la sécrétion gastrique, qu'il importe de noter : en 1846, Middeldorpf (3) indiqua, comme couche inférieure de la muqueuse de l'estomac et des intestins, « stratum sub- » mucosum quod componitur fibris tenuissimis, muscularibus organicis, angulo » interdum acutissimo decussatis. » Brücke (4), sans connaître la découverte de Middeldorpf, retrouva ces muscles et les décrivit dans l'estomac, comme une couche sous-jacente aux terminaisons des tubes glandulaires, et envoyant des fibrilles musculaires dans les interstices des tubes. A la même époque, Kölliker (5), ignorant la description de Middeldorpf, et indépendamment de Brücke, signala la

(1) *Mikroskopische Anatomie*, etc., t. II, 1re part., p. 146. Leipzig, 1852.

(2) Kölliker, *Éléments d'histologie humaine*, trad. française par J. Béclard et Sée, p. 452. Paris, 1856.

(3) *De glandulis Brunnianis*. Breslau. 1846.

(4) *Berichte der Wiener Akadem.*, 1851.

(5) *Zeitschrift für wissenschaftliche Zoolog.*, 1851, p. 106, fig. 232.

présence des mêmes muscles dans le canal intestinal, où ils n'étaient pas encore connus. On leur a assigné pour usage probable de contribuer, pendant la sécrétion, à vider les tubes glandulaires dont ils compriment le fond.

Au moment de parler de l'acte même de la sécrétion, rappelons d'abord que l'existence du suc gastrique a été niée par certains physiologistes. Montègre, qui avait la faculté de vomir volontairement et *à jeun*, n'ayant pu reproduire, avec le liquide qu'il rejetait ainsi, les digestions artificielles de Spallanzani, crut devoir nier l'existence d'un menstrue gastrique spécial ; aujourd'hui on sait que, dans ce cas, le produit rejeté n'est jamais du vrai suc gastrique, mais un mélange de salive et de mucus. Pour C.-H. Schultz (1), le suc gastrique n'était que « l'aliment acidifié et liquéfié, » c'est-à-dire le produit et non l'agent de la digestion. Mais l'expérience dans laquelle, après l'excitation immédiate des parois stomacales, on voit celles-ci verser le suc gastrique, suffit pour montrer le peu de fondement de pareilles assertions et prouver l'existence de cet important fluide.

En effet, quand on stimule la muqueuse stomacale d'une manière quelconque, par l'introduction d'un corps étranger, soit en forçant un animal à avaler des corps durs et insolubles, tels que des cailloux, du poivre grossièrement concassé ou des petits morceaux de bois, comme l'ont fait Tiedemann et Gmelin, soit en introduisant, à l'exemple de Beaumont et de Blondlot, une sonde par une fistule stomacale, ou mieux encore, des aliments solides et consistants, on voit cette membrane devenir turgescente, rougir plus ou moins, et se couvrir bientôt de gouttelettes claires et transparentes, que ces observateurs regardent, dans tous les cas, comme du suc gastrique. En même temps, si l'on a eu soin d'essuyer la membrane interne de l'estomac chez les animaux qui portent des fistules, on reconnaît qu'avec ces gouttelettes il se dépose une espèce de mucus transparent qui reste adhérent aux parois de l'organe.

Un autre résultat d'expériences faites de notre temps, c'est que l'estomac, quand il est vide d'aliments ou qu'il n'est point directement excité, ne contient jamais de suc gastrique : tous les auteurs modernes ont en effet constaté l'intermittence de cette sécrétion, également reconnue par W. Beaumont sur un chasseur canadien qui était affecté d'une fistule stomacale. Dans ces conditions, l'estomac ne renferme que du mucus neutre ou alcalin, mêlé à la salive descendue par l'œsophage. Au contraire, Réaumur et Spallanzani pensaient que le suc gastrique, dans l'intervalle des repas, s'accumulait dans l'estomac, parce qu'ils avaient pris pour du suc gastrique ce mélange de mucus et de salive.

Suivant la remarque judicieuse de Lucien Corvisart (2), rien n'est plus propre à entraver la marche de la science que de donner ainsi indifféremment, à l'exemple de la plupart des physiologistes, le nom de *suc gastrique* aux liquides les plus variables qui se trouvent dans l'estomac : évidemment ce nom devrait s'appliquer, d'une manière exclusive, au fluide réellement capable d'opérer la digestion des *matières albuminoïdes*, c'est-à-dire de les dissoudre et de les transformer en une substance isomérique propre à être absorbée. Or, L. Corvisart affirme, par exemple, avoir constaté que le fluide obtenu par suite de certaines irritations mécaniques de la muqueuse stomacale, tout en étant très acide, jouit à peine de la pro-

(1) *De alimentorum concoctione experimenta nova*. Berolini, 1834.

(2) *De la sécrétion du suc gastrique sous l'influence directe des aliments, des boissons et des médicaments*. Paris, 1857.

priété digestive : aussi appelle-t-il vaguement *liquide gastrique* tout liquide sécrété par l'estomac ou contenu dans sa cavité, en réservant en effet le nom de *suc gastrique* au fluide pourvu de cette propriété essentielle.

Nous avons dit que, si des aliments sont introduits dans l'estomac, la muqueuse de cet organe rougit et se gonfle : elle prend alors un aspect comme velouté, et bientôt apparaît le liquide sécrété. Mais, en général, on ne distingue pas, par la fistule, comment il s'épanche. Beaumont dit avoir aperçu, sur l'homme, ce liquide sourdre par *gouttelettes* ; j'ai observé le même fait sur des animaux ouverts pendant leur repas, et dont on excitait la muqueuse stomacale préalablement essuyée. J'ai vu aussi, dans ces mêmes conditions, l'enduit muqueux des parois se reproduire.

Chez les herbivores (le lapin notamment), il est facile de constater qu'un mucus particulier enveloppe la masse alimentaire, dans l'estomac. On avait néanmoins refusé d'admettre que, outre les gouttes claires du *suc gastrique*, il y eût encore du *mucus* sécrété durant la digestion stomacale ; on croyait que la sécrétion muqueuse correspondait seulement à l'état de vacuité de l'estomac. Mais les observations que Beaumont a faites sur l'homme sont contraires à cette opinion. « Si, dit-il, on essuie avec une éponge la membrane villeuse pendant que la chymification s'accomplit, cette membrane devient d'abord rude et d'un rouge plus foncé ; mais au bout de quelques secondes, les follicules et les papilles venant à verser leurs fluides respectifs qui se répandent sur la partie dépouillée du mucus, elle reprend toute la douceur, l'apparence veloutée et la couleur rose qu'elle avait avant d'avoir été touchée par l'éponge..... Mais, pendant que le sujet est à jeun, l'enduit muqueux ne reparaît qu'avec plus de lenteur, et surtout aucun fluide ne se condense en quantité suffisante pour ruisseler (1). » Nous aurons à examiner, plus loin, si ce mucus forme une partie essentielle du suc gastrique et s'il est nécessaire pour la digestion.

III. Peu de physiologistes se sont occupés de déterminer, d'une manière au moins approximative, la *quantité de suc gastrique* que l'estomac sécrète normalement. Leuret et Lassaigne (2) se bornent à déclarer qu'elle doit être très grande, puisqu'elle liquéfie, en quatre ou cinq heures, les aliments solides, avalés par des animaux auxquels aussitôt après on a lié l'œsophage, afin d'empêcher la déglutition des boissons et même de la salive. Pour Tiedemann et Gmelin (3), cette quantité varie avec le degré de l'excitation produite par les aliments, avec leur digestibilité et leur solubilité, de telle sorte qu'il se formerait d'autant plus de suc gastrique que les substances alimentaires introduites dans l'estomac seraient plus difficiles à dissoudre et à digérer. Quant à Blondlot (4), il dit seulement avoir remarqué qu'en général, plus il donnait d'aliments à ses chiens, plus il obtenait de suc gastrique. Quelques expériences faites sur des chiens, dit Lehmann (5), ont démontré que, dans les vingt-quatre heures, ces animaux peuvent sécréter une quantité de suc gastrique équivalente au dixième du poids de leur corps. D'après cette proportion, un homme pourrait en produire, dans le même temps, 6, 4 kilogrammes. D'après des expériences directes, faites sur une femme atteinte de fistule gastrique (6) et

(1) *Exper. and Observat. on the Gastric Juice*, etc. Plattsburg, 1833.
(2) *Ouv. cit.*, p. 117.
(3) *Ouv. cit.* Trad. franç. de Jourdan, t. I, p. 335.
(4) *Traité analytique de la digestion*, p. 225. Paris, 1843.
(5) *Précis de chimie physiologique animale*. Trad. franç., Paris, 1855, p. 189.
(6) BIDDER et SCHMIDT, *ouv. cit.* — Voir aussi SCHROEDER et GRUENEWALDT, *Thèses citées*. Dorpat. 1853.

qui d'ailleurs allaitait son enfant, le poids du suc gastrique produit dans les vingt-quatre heures aurait même atteint environ le quart du poids du corps; chiffre énorme, et sans doute exagéré, mais qui peut-être surprendra un peu moins, si l'on veut bien se rappeler que le suc gastrique est un liquide presque entièrement destiné à la résorption, et non à l'élimination comme l'urine. J. Béclard (1) a vu un chien qui pesait 18 kilogrammes lui donner en moyenne environ 72 grammes de suc gastrique à l'heure. Suivant L. Corvisart (2), un chien du poids de 10 kilogrammes sécrète, à chacun de ses deux repas journaliers, 250 grammes environ de suc gastrique, c'est-à-dire 500 grammes par jour. Le même observateur conclut, d'expériences variées de diverses manières, que le chien sécrète, dans les vingt-quatre heures, et par kilogramme de son poids, 50 à 60 grammes de suc gastrique normal. Les plus grands de ces animaux en produisent relativement un peu moins. Il est aussi à remarquer qu'en général la sécrétion est d'autant plus abondante que l'aliment ingéré est moins habituel à l'animal. En continuant l'usage d'un même aliment, on constate qu'au bout de huit à dix jours la quantité de suc gastrique produite est notablement moindre qu'aux deux ou trois premiers jours de l'expérience.

Du reste, il faut reconnaître qu'aucun des moyens employés jusqu'à présent pour déterminer la quantité de suc gastrique normalement sécrétée dans l'espace de vingt-quatre heures n'est à l'abri des objections. Évidemment les expérimentateurs qui ont conclu du poids des aliments ingérés, dans ce même temps, à la quantité de suc gastrique nécessaire pour les digérer, n'ont fait qu'une supposition. Quant à ceux qui, ayant vu pendant une heure l'estomac fournir un certain poids de suc gastrique, en ont inféré que ce poids multiplié par 24 donnerait le chiffre de cette sécrétion par jour, ils n'ont tenu aucun compte de l'intermittence du phénomène; intermittence telle, que la sécrétion du suc gastrique fait complétement défaut quand l'estomac est dans l'état de vacuité, et que, même pendant toute la durée du séjour des aliments dans ce viscère, elle subit de notables variations, suivant que le travail de dissolution de ces aliments est plus ou moins avancé. Ajoutons que d'ailleurs ce qu'il importerait de connaître, ce n'est pas la quantité de *liquide gastrique* produite, mais bien celle du *vrai suc gastrique* ou de ses éléments réellement constitutifs.

IV. Si, au lieu de donner des aliments, on irrite *mécaniquement* la membrane muqueuse de l'estomac, il se produit bien moins de liquide gastrique. Aussi Blondlot (3) tend-il à admettre que l'estomac est doué d'une sensibilité particulière en vertu de laquelle il verse plus ou moins de liquide, selon la nature de l'excitant

(1) *Traité élémentaire de physiologie humaine*, 2e édit., p. 106. Paris, 1856.

(2) *Communication écrite.*

Pour éviter qu'une partie notable du suc gastrique, après avoir imprégné l'aliment, ne passât avec lui dans l'intestin, sans qu'on pût en apprécier la quantité, cet expérimentateur (dans une première série d'expériences), se servant de chiens munis de fistule gastrique, leur donnait un repas de *tendons* de bœuf bouillis et recueillait le fluide qui s'écoulait dans un réservoir en caoutchouc, jusqu'à ce que la quantité n'augmentât plus en un quart d'heure. La durée de chaque expérience était ordinairement de deux à trois heures. Dans une autre série de recherches, aussitôt après l'ingestion des aliments, l'œsophage et le pylore étaient liés ; puis, l'animal étant sacrifié après douze heures, on estimait la quantité de suc gastrique produite, déduction faite de l'eau contenue dans l'aliment ingéré. Prudemment, on ne tenait compte de l'expérience que si l'aliment avait été bien *digéré* par le suc gastrique, ce qu'on appréciait par la quantité de *peptone* produite. Nous préférons néanmoins à ces dernières expériences celles de la première série.

(3) *Traité analytique de la digestion*, p. 221.

mis en contact avec sa surface interne. Mais est-il bien nécessaire d'invoquer ici cette sensibilité spéciale pour expliquer de pareilles différences? Les irritations mécaniques, à l'aide d'une sonde ou d'une bougie introduites par la fistule stomacale, ne portent que su , .ne petite étendue de la membrane muqueuse; aussi n'est-il pas étonnant que, par ce procédé, Beaumont n'ait pu recueillir sur son Canadien que 30 ou 40 grammes de fluide gastrique. Quand on introduit dans l'estomac quelques cailloux, la sécrétion peut encore être peu abondante, car le contact de ces corps durs avec la muqueuse est bien moins étendu que quand il s'agit du bol alimentaire; et pourtant les points en rapport avec les cailloux se montrent rougis et fortement injectés. Du reste, si l'on essuie une portion de la tunique muqueuse pendant l'acte de la digestion, le fluide gastrique est versé en plus grande quantité, car alors cette nouvelle irritation, due au frottement, s'ajoute à celle que produisent les aliments, et la sécrétion s'en trouve proportionnellement augmentée.

Dans l'estomac vide ou surtout plein d'aliments, j'ai vu souvent la sécrétion du suc gastrique s'activer singulièrement par la stimulation de la membrane muqueuse, à l'aide d'un *courant galvanique* saccadé ou fréquemment interrompu.

Certaines substances, introduites par la bouche ou par une fistule stomacale, augmentent considérablement la *sécrétion muqueuse* de l'estomac; alors, au contraire, le *suc gastrique* ne se produit qu'en quantité très minime, et quelquefois même sa sécrétion est nulle. Bardeleben, ayant introduit du sel commun en poudre par la fistule stomacale d'un chien, vit tous les points qui avaient subi son contact sécréter un *mucus* incolore, très abondant, peu acide ou neutre, et quelquefois alcalin. En même temps l'estomac entra assez vivement en contraction et l'animal vomit. Trois grammes de sel en poudre déterminèrent, d'une manière très prononcée, ces effets qu'on ne put renouveler avec une solution concentrée de quinze grammes. Tous les points touchés par le sel rougirent manifestement. Frerichs (1) est arrivé aux mêmes résultats.

Suivant Blondlot (2), les *substances purgatives* activent aussi particulièrement la sécrétion muqueuse de l'estomac; et, selon Frerichs, le poivre en poudre produit un effet analogue que Lucien Corvisart (3) dit être aussi très prononcé, surtout avec la coloquinte et l'ipécacuanha.

Les *matières alcalines*, au contraire, provoquent d'une manière spéciale la sécrétion du suc gastrique, qui semble retardée par les acides. Comme le fait remarquer Blondlot (4), pour jouir de toute leur action et aider ainsi à la digestion, les substances alcalines « doivent être administrées immédiatement avant les repas, afin qu'elles opèrent sur l'estomac dès que celui-ci entre à l'état turgide sous l'influence des aliments, et avant qu'il ne se soit sécrété assez de suc acide pour les neutraliser. »

D'après les recherches de L. Corvisart (5), dont les résultats m'ont été communiqués en 1853, la *glace*, l'eau à une très basse température, les liqueurs alcooliques peu concentrées, les *vins*, surtout ceux de Madère et de Bordeaux, le *café* noir, quelques infusions de plantes aromatiques (absinthe, cannelle, etc.) ou amères

(1) *Ouv. cit.*, t. III, p. 788.
(2) *Ouv. cit.*, p. 213.
(3) *Mém. cit.*
(4) *Ouv. cit.*, p. 219.
(5) *Mém. cit.*

hicorée), l'*émétique*, le sous-*nitrate de bismuth*, excitent plus ou moins énergi-
ıement la sécrétion d'un liquide doué à un haut degré du pouvoir digestif, c'est-
dire d'un véritable suc gastrique. Le même expérimentateur fait observer que
ertaines substances peuvent exciter d'abord la sécrétion dont il s'agit, quoiqu'en
ertu de leurs propriétés chimiques elles altèrent consécutivement la force du prin-
pe digestif: tels sont les alcooliques très concentrés et beaucoup de solutions riches
ı tannin. L. Corvisart reconnaît aussi d'autres corps qui, comme le *charbon* et le
ble, donnent lieu à une sécrétion acide abondante, sans que le liquide recueilli
uisse sensiblement de la propriété digestive.

Les *impressions gustatives* peuvent provoquer déjà l'afflux du suc gastrique avant
ıe l'aliment soit parvenu dans l'estomac. Une certaine dose de sucre, introduite
rectement par une fistule stomacale, détermine une sécrétion incomparablement
oins abondante que si elle est avalée par la bouche; et il a été reconnu que la
ême dose de sucre, qu'on l'introduise isolément dans l'estomac, ou après l'avoir
ıprégnée de salive, provoque, dans les deux cas, la sécrétion d'une égale quantité
suc gastrique. Ce n'est donc pas la salive qui excite cette sécrétion, mais bien
mpression produite par la substance sapide elle-même.

Du reste, *l'odeur et la vue des aliments* déterminent le même effet: à un chien
'amé et porteur d'une fistule de l'estomac vient-on à faire voir ou à faire flairer
ı morceau de viande rôtie, aussitôt le suc gastrique s'écoule au dehors.

Tiedemann et Gmelin avaient déjà remarqué que la quantité de fluide gastrique
crétée varie non-seulement suivant la nature et la consistance, mais encore sui-
nt la quantité des aliments ingérés. Beaumont a constaté les mêmes faits sur
omme, « pourvu toutefois, dit-il, que cette quantité d'aliments ne soit pas trop
ande. » Les observations sur des chiens ayant des fistules stomacales ont permis
vérifier l'exactitude de cette proposition.

Après un *jeûne* assez prolongé, le suc gastrique est versé abondamment, même
ıs l'influence d'une petite quantité d'aliments qui, dans d'autres conditions, n'en
aient sécréter que très peu (Beaumont, Blondlot). Rappelons que Frerichs a aussi
servé qu'après un assez long jeûne les *cellules arrondies*, contenues dans les
ɔes pepto-gastriques, y existent en plus grand nombre, et que le suc gastrique,
ıt on provoque alors la sécrétion, en est très chargé; qu'enfin, si l'abstinence est
trop prolongée, ces cellules commencent à subir une métamorphose dans l'inté-
ur des tubes. En outre, Chossat (1) a remarqué qu'au moment de la mort par
initiation la membrane muqueuse gastrique a augmenté de poids et de volume,
dis que tous les autres organes ont perdu, en moyenne, les quatre dixièmes
leur poids; et L. Corvisart, dans les mêmes circonstances, dit avoir constaté que
fusion de cette membrane dans l'eau acidulée possédait, au moment de la mort,
pouvoir digestif très énergique, qu'elle était loin d'avoir au début de l'absti-
ıce, sans doute parce qu'il n'y avait pas encore accumulation de pepsine. Il
n était plus de même si les animaux avaient pu boire.

Nous n'aurons que bien peu de notions à exposer sur les modifications du suc
trique dans l'*état pathologique*. Nous rappellerons d'abord que ce fluide
ıt être modifié par suite de la présence de substances étrangères dans le sang.

1) *Recherches expérimentales sur l'inanition.* Paris, 1844.

Ayant injecté dans les veines d'un chien, durant la digestion, du cyanure jaun ferruré de potasse, Cl. Bernard (1) sacrifia l'animal une demi-heure après, et l sel se retrouva dans le suc gastrique. Les autres produits sécrétés, excepté l'urin n'en contenaient point. La même expérience fut reproduite en surexcitant d'autr sécrétions, telles que celles de la salive, des larmes, etc., et néanmoins le sel e question ne fut retrouvé que dans le suc gastrique. Ce physiologiste conclut de s recherches que, huit ou dix minutes après l'injection faite sur un animal qui com mence à digérer, le cyanure indiqué accuse déjà sa présence dans le suc gastrique que ce dernier liquide peut recevoir un grand nombre des matériaux étrangers intr duits dans la masse du sang et qui ne se mêlent pas aux autres sécrétions; qu' semble être une émanation plus directe du sang que les autres fluides sécrétés.

En répétant ces expériences sur des chiens, Schiff reconnut trois fois que, ch ces animaux *en digestion*, tués à une période très rapprochée de l'injection, cyanure avait déjà passé dans l'urine, alors qu'il n'était pas encore appréciab dans le suc gastrique. Il n'existait pas non plus dans les autres sécrétions. Chez u chien auquel il avait fait avaler des cailloux, il trouva le sel, injecté quelqu minutes avant la mort, dans l'urine mais non dans le liquide gastrique ou d'autr produits sécrétés. D'autres fois il constata la présence du cyanure exclusiveme dans le suc gastrique et dans l'urine; mais, pour le retrouver dans l'estomac, dut toujours attendre plus longtemps que pour le découvrir dans la vessie.

Du reste, toutes les matières étrangères ne passent pas, en nature, du sa dans le suc gastrique. Le premier de ces deux expérimentateurs croit pouv établir, à cet égard, les quatre propositions suivantes:

1° Si l'on injecte dans le sang les acides lactique, phosphorique, butyrique acétique, on les retrouve dans l'estomac. 2° Si l'on injecte des solutions alcalin de magnésie et de fer, jamais on n'observe dans le suc gastrique la présence de bases. 3° Si l'on injecte des sels, tels que le lactate de fer, le butyrate de fer de magnésie, ces sels sont décomposés, leurs acides se retrouvent dans le s gastrique et les bases ont passé dans les urines; si l'on empoisonne un animal lui injectant du cyanure de mercure, les matières alimentaires que contient l'e tomac ont l'odeur très prononcée d'acide cyanhydrique, et jamais on n'y retrou le mercure. 4° Toutes les fois qu'on emploie un sel minéral qui n'est pas susce tible de se décomposer dans le sang, ce sel passe en nature dans le suc gastriqu c'est ce qui arrive pour le cyanure jaune ferruré de potasse et pour le sulfate fer, et c'est la raison qui fait qu'en injectant simultanément ces deux sels dans sang, ils viennent se rendre, en nature, dans l'estomac et former dans le gastrique un précipité de bleu de Prusse.

Ces expériences, faites sur des animaux en pleine digestion, prouveraient, d'ap leur auteur, que l'action de la membrane muqueuse de l'estomac consiste, en part à séparer du sang les *acides* que ce liquide contient.

Nous ne saurions accepter comme démontrées les propositions qui précède voici nos raisons :

a. La présence, dans l'estomac, des acides lactique, phosphorique, butyriqu acétique a déjà été signalée dans les conditions les plus variées, comme o verra plus loin; et si, après l'injection de ces acides dans le sang, on les a rencon en effet dans l'estomac pendant le travail de la digestion, il faudrait au moins, p

(1) *Du suc gastrique et de son rôle dans la nutrition*. Thèse inaug. Paris, 1843.

ger la question dont il s'agit, avoir la certitude que leur quantité a été augmentée
ı proportion de la quantité injectée. Mais, dans l'état actuel de la chimie organique, n'a pas encore été possible de doser bien exactement la quantité des acides ctique et phosphorique qui se trouvent ordinairement dans le suc gastrique. La fficulté est encore plus grande quant aux acides butyrique et acétique ; aussi doit-ı déjà s'estimer heureux d'avoir pu constater leur présence d'une manière positive. Les recherches de Wœhler (1) ont d'ailleurs appris que d'autres acides organiques passent dans les urines; et là ce sont les reins, et non la membrane muqueuse l'estomac, qui sont chargés de séparer du sang les acides qu'il pouvait artificielnent contenir, tels que les acides oxalique, citrique, œnanthique, gallique, drosalicique, etc.

b. Quant à la magnésie et au fer, il serait inexact de croire que ces bases ne uvent être retrouvées aussi dans la sécrétion de l'estomac. Au contraire, d'après hmidt (2), elles existent normalement et en quantité appréciable dans le suc gasque : on devra donc vraisemblablement les y rencontrer en quantité plus grande, rès leur injection dans le sang.

c. Nous avons dit, plus haut, qu'on ne saurait démontrer que les acides des sels liqués sont réellement passés dans le suc gastrique, quoiqu'on en retrouve les ses dans l'urine sous forme de carbonates. Toutes les bases unies aux acides ganiques peuvent se retrouver dans l'urine comme carbonates; c'est un fait ıbli depuis longtemps par Wœhler et reconnu exact par d'autres chimistes. en est de même pour les précédentes injections dans le sang, comme l'a nstaté Lehmann (3). Or, on sait, d'après de nombreuses expériences, que toute bstance qui circule avec le sang et qui n'est pas complétement oxydée, mais qui susceptible de recevoir encore facilement de l'oxygène, s'oxyde dans la circuion (4) : nous admettrons donc avec Woehler, Liebig, Valentin, Lehmann et aucoup d'autres expérimentateurs, que l'acide organique de ces sels s'oxyde et se nvertit en acide carbonique, comme cela arrive quand on le brûle. Pourquoi s lors supposer que, dans ce cas, l'acide carbonique ait une autre source et remce seulement l'acide organique qui serait passé dans l'estomac, puisque déjà dernier acide peut lui-même y avoir été produit pendant la digestion? Ajoutons 'en injectant les sels en question chez des animaux *à jeun*, et, par conséquent, sécrétant point de suc gastrique qui puisse s'emparer des acides, ces sels organiques subissent les mêmes changements : Schiff, ayant injecté de l'acétate de ude dans la jugulaire d'un chien à jeun depuis vingt-quatre heures, retrouva ns l'urine du carbonate de soude.

Quelques-unes de nos remarques font voir que les propositions formulées plus ut sont loin d'être suffisamment prouvées. Il faut aussi se rappeler qu'il n'y a que les sels minéraux, non susceptibles de se décomposer dans le sang, qui ssent passer en nature dans le suc gastrique : Lehmann a démontré (5) qu'après jection du chlorure de sodium, par exemple, ce sel tout entier, et non l'acide l, se retrouve en grande quantité dans le suc gastrique.

D'autres matières étrangères, qui circulent avec le sang, peuvent accidentelle-

(1) Tiedemann et Treviranus, *Zeitschrift für Physiologie*, I, 1824, p. 138.
(2) Bidder et Schmidt, *Verdauungssaefte und der Stoffwechsel*. Leipzig, 1852.
(3) *Physiologische Chemie*, t. I, p. 102.
(4) Lehmann, *ouv. cit.*, t. II, p. 408 et 410.
(5) *Loc. cit.*

ment se rencontrer dans l'estomac. C'est ainsi qu'après l'extirpation des reins, le produits de la décomposition de l'urée se retrouvent dans la cavité gastrique. Suivant Frerichs (1), ce n'est pas l'urée elle-même qui s'y dépose, comme on l'avait d'abord cru, mais le carbonate d'ammoniaque qui se forme déjà dans le sang, qui passe aussi dans la bile.

Dans le choléra, Lehmann et Schmidt (2) disent avoir reconnu que, par suite de la suppression des urines, l'urée passe en nature dans l'estomac.

On doit à W. Beaumont (3) des observations relatives à certaines modifications qui surviennent dans la sécrétion stomacale, sous l'influence de l'*état fébrile*. Dans ce cas, il remarqua, sur un Canadien affecté d'une fistule gastrique, que membrane muqueuse perdait sa couleur naturelle et son aspect normal; parfois e était rouge et sèche, d'autres fois pâle et légèrement humide. La sécrétion du s gastrique était notablement diminuée ou même tout à fait nulle, malgré l'introducti de matières alimentaires qui alors séjournaient un ou deux jours dans l'estomac, sa être digérées. Les boissons, au contraire, disparaissaient en moins de dix minut Quelquefois aussi la muqueuse se couvrait de boutons qui, d'abord pointus rouges, finissaient par suppurer. Dans d'autres circonstances, Beaumont aperçut plaques rouges de 2 à 3 centimètres de circonférence et parsemées d'aphth Tant que l'estomac était malade, la langue lui parut recouverte d'une saburre pl ou moins épaisse.

D'après ses propres observations, Frerichs (4) fait remarquer que l'ancien opinion des médecins qui voyaient, dans l'état de la langue, la représentation l'état de la muqueuse gastrique, est démentie plutôt que confirmée. Depuis lon temps un de nos observateurs les plus recommandables, Louis, se fondant l'analyse des faits et l'observation clinique, avait déjà victorieusement réfuté ce opinion. En effet, l'enduit muqueux, qui paraît si souvent sur la langue, est b loin de dénoter toujours un état morbide de la muqueuse stomacale : dans certa cas de fièvre typhoïde, par exemple, où jusqu'à la mort la langue avait conservé enduit épais, jaunâtre ou brun, la muqueuse de l'estomac offrait un aspect tou fait normal. Ce n'est qu'exceptionnellement, surtout dans les cas de dyspepsie ch nique, qu'on a pu constater à la fois un enduit grisâtre et muqueux de l'eston et de la langue.

Frerichs et Schrœder ont analysé les liquides, plus ou moins clairs et aque qui parfois sont vomis à jeun, et qu'on a regardés à tort comme du suc gastri sécrété en surabondance : ils n'ont trouvé qu'un mélange de salive et de muc ou neutre, ou plus souvent alcalin, mais jamais de véritable suc gastrique. examinant le liquide rendu en si grande quantité dans des cas de *pyrosis*, je suis aussi convaincu qu'on avait, en général, affaire à un pareil mélange. exemples d'*hypersécrétion* du suc gastrique, rapportés dans quelques ouvrages pathologie, ne sont rien moins que prouvés.

V. Plusieurs des premiers savants qui étudièrent les propriétés du suc gastriq cherchèrent à se procurer ce fluide, en vomissant, soit à jeun, soit après avoir p

(1) *Archiv für Physiol. Heilkunde*, t. X, p. 409.
(2) *Loc. cit.*
(3) *Loc. cit.*
(4) WAGNER'S *Handwörterbuch*, etc., t. III, p. 790.

n peu de liquide ou une faible quantité d'aliments. Spallanzani, par exemple, alait d'abord de petits tubes en bois percés de trous et remplis d'aliments, dont présence irritait l'estomac, puis il provoquait le vomissement. Quant à Montègre à Gosse, ils possédaient la faculté de vomir à volonté et à tout moment.

Si l'on est à jeun, ce qu'on obtient de cette manière, nous l'avons dit, est surtout la salive unie à une certaine quantité de mucus. En vomissant après avoir pris n peu de nourriture, on parvient à obtenir du suc gastrique, mais mêlé aux aliments, de sorte qu'il est impossible de l'en séparer pour des expériences précises concluantes.

Spallanzani recueillait aussi le fluide gastrique qu'un aigle rejetait en vomissant e petite sphère en os qu'il lui faisait avaler à chaque repas. D'autres fois, il mplaçait cette sphère par des tubes à parois perforées.

C'est surtout en introduisant dans l'estomac des animaux des éponges qu'ils iraient imbibées de liquide gastrique, que Réaumur et Spallanzani se procuraient fluide destiné à leurs recherches. Ces éponges étaient sèches ou comprimées mme l'éponge préparée des chirurgiens, enfermées dans des tubes percés de us, et attachées à des fils à l'aide desquels on les ramenait au dehors. On btient ainsi qu'une bien faible quantité de suc gastrique mêlée à beaucoup de ive. Si l'animal est à jeun, l'éponge ne rencontre dans l'estomac que de la salive c du mucus, et si, antérieurement à l'expérience, cette salive est peu abondante, ritation exercée par le fil sur l'arrière-gorge provoque une sécrétion salivaire is active qui se déverse dans l'estomac. La stimulation que l'éponge elle-même oduit sur la membrane muqueuse de cet organe ne saurait d'ailleurs donner aucoup de vrai suc gastrique. Leuret et Lassaigne ont aussi employé ce procédé.

Quant à Tiedemann et Gmelin, ils avaient recours à un autre moyen : ils faisaient ler aux animaux des corps irritants et insolubles, tels que des grains de poivre des cailloux; puis ils immolaient les animaux quelque temps après. De la sorte expérimentateurs se procuraient un liquide qu'ils regardaient comme du suc trique pur, mais qui souvent était mêlé à beaucoup de salive et, chez les herbies, dont l'estomac n'est presque jamais vide, à des débris d'aliments. Ce procédé fournit qu'une petite quantité de liquide (8 à 10 gram. chez les chiens), et il ne met pas de faire des expériences comparatives sur le même animal. D'ailleurs xige le sacrifice d'un grand nombre de sujets.

On a aussi utilisé des cas où, chez l'homme, à travers une ouverture accidentelle parois du ventre et de l'estomac, on a pu voir et toucher directement l'intérieur ce dernier organe. On trouve, dans les auteurs, un certain nombre de ces mples qui ont été rassemblés principalement par R. Marcus (1).

C'est Jac. Helm (2) qui, un des premiers, profita d'une telle disposition pour e quelques expériences sur la digestion. Mais c'est surtout William Beaumont (3) , ayant pour sujet de ses recherches un jeune chasseur canadien affecté de fistule trique (*), et qui les continuant durant plusieurs années, parvint ainsi à réunir

(1) *De fistula ventriculi.* Berolini, 1835, p. 15.
(2) *Zwei Krankengeschichten.* Vienne, 1803.
(3) *Exper. and Observat. on the Gastric Juice and the Physiol. of Digestion.* Plattsburg, 1833.

(*) Cette fistule, disposée de la manière la plus favorable pour des recherches physiologiques, était venue à la suite d'un coup de feu dans la région épigastrique.

lus récemment, chez une femme qui avait une fistule stomacale depuis trois ans, et qui d'ailleurs se portait très bien et allaitait son enfant, des recherches analogues à celles de W. Beaumont

de précieux documents pour la science. Beaumont, médecin militaire aux États-Unis, avait pris à son service cet homme, qui, pendant tout le temps qu'il servit aux expériences, n'en jouit pas moins de la meilleure santé. Mais enfin, fatigué et ennuyé d'un tel emploi, il s'enfuit et disparut.

Pour se procurer du suc gastrique, Beaumont introduisait par la fistule une grosse sonde de gomme élastique avec laquelle il irritait la membrane muqueuse de l'estomac.

L'observation de Beaumont avait été si féconde en résultats utiles, que l'on d bientôt songer à établir artificiellement de semblables fistules chez les animaux, à mettre à profit une disposition si commode pour étudier les phénomènes de digestion stomacale. Deux savants eurent cette idée et la mirent à exécuti presque en même temps.

Le 17 décembre 1842, le docteur Bassow lut, à la *Société impériale des naturalistes de Moscou*, un mémoire qui fut imprimé dans le tome XVI du Bullet de cette société. Dans ce mémoire, il dit qu'il a été engagé par l'observation Beaumont à tenter, sur des chiens, d'établir des fistules gastriques artificielles, et q huit fois il y réussit. Bassow, après avoir préparé l'animal à l'opération en le priva d'aliments pendant seize à vingt heures, fait à la paroi abdominale une incision deux à trois pouces, parallèle à une ligne qui descend de l'appendice xiphoïde sternum à l'extrémité antérieure de la dernière côte gauche. L'incision une fois pr tiquée, l'opérateur arrive sur l'épiploon qu'il écarte pour saisir l'estomac, pre celui-ci par son fond et l'attire un peu au dehors. Alors, armé d'une aigui munie d'un fil ciré, il traverse, près de l'angle externe, les téguments de la lèv supérieure de la plaie, passe ensuite sous la tunique muqueuse de l'estomac dans longueur d'un demi-pouce, en ressort et traverse la lèvre inférieure de la plaie, p termine par une suture entrecoupée au moyen de deux nœuds simples. En deda il procède de la même manière, puis incise immédiatement la paroi de l'eston comprise entre les deux sutures principales. Enfin, il réunit les lèvres de cette in sion aux lèvres de l'incision extérieure par divers autres points de suture entrecoup L'opération finie, Bassow ne donne au chien que des liquides jusqu'au neuviè jour; après la cicatrisation de la plaie, l'animal ne reçoit pas plus d'une li d'aliments à la fois, et il ne doit boire que deux ou trois heures après l'ingest des aliments solides.

Ces dernières précautions paraissent avoir été nécessaires, parce que Bassow fixe point d'appareil spécial pour tenir bien fermée l'ouverture de la fistule. En ef lors de l'ingestion d'une trop grande quantité d'aliments, une partie se se échappée par cette ouverture, qui n'est bouchée qu'à l'aide d'un morceau d'épo retenu par un fil attaché à deux anneaux métalliques qui traversent la pe Bassow a aussi observé, comme Beaumont l'avait fait sur l'homme et com d'autres ont pu le constater depuis sur les chiens, que la fistule a une grande t dance à se fermer. Cette tendance est même si prononcée, qu'elle a besoin d'ê combattue chaque jour par l'introduction d'un corps étranger dans le trajet fistulei sans cette manœuvre, l'occlusion de l'ouverture s'opérerait assez promptement.

Le mémoire de Bassow me semble avoir été peu connu des physiologistes, puis

ont été faites par BIDDER et SCHMIDT pendant environ huit semaines : leurs principaux résultats été publiés par SCHROEDER (*Succi gastrici humani vis digestiva*, Dorpat, 1853), et par GRUNWALDT (*Succi gastrici humani indoles physica et chimica*, Dorpat, 1853), ou dans *Arch. de* *bingue*, t. XIII, p. 459).

ne l'ai trouvé cité dans aucun ouvrage de physiologie ni même dans aucun traité pécial sur la digestion. On voit d'ailleurs qu'à l'aide de ce procédé, on ne peut ntretenir que pour un temps très court une ouverture assez grande de la fistule : ans les figures qui accompagnent le travail de Bassow, on peut remarquer que, éjà trois mois après l'opération, l'orifice fistuleux n'avait plus guère que 8 à 0 millimètres de diamètre.

Un an après la lecture du précédent mémoire parut le *Traité analytique de la igestion* par Blondlot. On y trouve de meilleurs préceptes pour l'établissement des stules stomacales, ainsi qu'un grand nombre de faits nouveaux dus à l'application de cette précieuse méthode. Blondlot, je n'en doute pas, n'avait aucune connaissance de l'opération de Bassow ; il est même probable qu'il l'a exécutée avant médecin, bien qu'il l'ait publiée plus tard. En effet, au moment où parut son aité, il écrivait (1) qu'il avait alors un chien opéré depuis deux ans. Bassow, ns son mémoire, ne laisse pas voir la date de ses premières expériences.

Le mode opératoire de Blondlot diffère du précédent sous plusieurs rapports. t expérimentateur donne à manger à l'animal avant l'opération, afin de rendre stomac plus facile à saisir. Il fait sur la ligne blanche une incision de 7 à 8 cenmètres, attire au dehors l'estomac, le traverse de part en part avec la lame étroite un bistouri et passe dans cette ouverture un fil d'argent recuit, assez long pour rmer une anse. Alors il ferme par quelques points de suture le reste de la plaie i n'est pas occupé par l'estomac. Entre les deux extrémités du fil, il met un tonnet sur lequel il les tord ensemble, de manière à amener la portion de l'estomac nprise dans l'anse en contact immédiat avec le bord interne de la plaie. Queles jours après, il resserre l'anse par une nouvelle torsion, ce qu'il répète squ'à ce que le fil métallique tombe avec la portion étranglée de l'estomac ; alors fistule est établie.

Dans ces conditions, le trajet fistuleux conserve néanmoins une telle tendance à fermer, qu'il disparaît presque complétement, si l'on néglige un seul jour d'y re pénétrer un corps étranger. Pour obvier à cet inconvénient, Blondlot introit une petite canule d'argent ou de buis, munie d'un double rebord ; de sorte 'une fois placée, elle ne peut qu'exceptionnellement tomber en dehors ou pénér plus avant dans l'estomac. L'introduction de cette canule est parfois assez ficile : il faut d'abord dilater la plaie, dont les lèvres, en revenant sur elles-mêmes, tiennent l'instrument en place. Dans l'intervalle des expériences, on le tient rmé avec un bouchon de liége.

Quant à Bardeleben (2), il fait à l'abdomen une incision de deux pouces de loneur seulement ; puis, après avoir attiré l'estomac au dehors, il l'empêche de rentrer le traversant par un fil qu'il lie à un petit bâton fixé transversalement au-dessus la plaie. Alors il ferme par une suture le reste de l'incision, puis traverse stomac et les bords de la plaie avec une aiguille armée de deux fils. Ramenant suite l'un en avant, l'autre en arrière de la plaie, il étrangle dans une sorte nneau la portion extérieure de l'estomac en forme de saillie ombilicale. En même nps les fils pressent les angles et les bords de la plaie contre les parois de l'estomac. portion étranglée se gangrène et tombe du quatrième au cinquième jour, et la tule est établie. La canule dont se sert Bardeleben s'introduit facilement, sans

(1) *Ouv. cit.*, p. 205.
(2) *Archiv für physiologische Heilkunde*, t. VIII, p. 2.

préparation de l'ouverture fistuleuse, et n'a pas, comme celle de Blondlot, l'in-convénient de tomber quelquefois après son introduction.

Cette canule se compose d'un tube et de deux crochets doubles. Le tube a l[e] diamètre de la fistule et une longueur de trois quarts de pouce; il n'a de rebor[d] qu'à sa partie qui reste au dehors. Les crochets sont deux lames minces qui, [à] leurs deux extrémités, se replient à angle droit de manière à présenter deux pièce[s] horizontales. La supérieure a la longueur du rebord; l'inférieure, qui peut êtr[e] beaucoup plus large que le reste du crochet, ne doit pourtant pas dépasser la lar-geur du tube. La canule, une fois introduite, est fermée avec un bouchon d[e] liége bien ajusté dont la pression sur les crochets et le tube la maintient en place. Quand la fistule n'est pas trop grande, elle se trouve mieux fermée qu'avec l'appare[il] de Blondlot. Lorsqu'on enlève le bouchon, les crochets tombent; mais alors l[a] pression du tube contre les bords de la fistule suffit pour le retenir pendant l[e] temps de l'expérimentation. On peut même enlever tout à fait le tube, quand [il] s'agit de constater la coloration de la membrane muqueuse; on le replace ensuit[e] avec facilité.

Bardeleben a essayé aussi d'exclure de l'estomac le fluide salivaire, en établissan[t] une fistule œsophagienne. Après l'avoir produite, il a tenté d'oblitérer l'œsophag[e] en le liant au-dessous d'elle; mais il ne put obtenir une réunion durable, la muqueus[e] n'étant pas susceptible d'une inflammation adhésive. Il parvint à détruire cette mem-brane elle-même, et la ligature ne produisit pas encore une oblitération perma-nente et solide. Cependant, à l'aide de ce moyen, Bardeleben a réussi à exclure, pour quelque temps, la salive de l'acte de la digestion. Il n'a pas encore publié, que je sache, les résultats de ces expériences qui ne sauraient manquer d'offrir [de] l'intérêt.

VI. Avant qu'on eût découvert ces derniers procédés pour se procurer du *su[c] gastrique* pur ou à peu près pur, il fallait, comme nous l'avons vu, se borner [à] l'examen des produits variables contenus dans la cavité stomacale ou rejetés par [le] vomissement; et même lorsqu'on avait recueilli ce fluide dans les estomacs d'ani-maux à jeun, les physiologistes, n'ayant pas toujours commencé par expérimente[r] sur son pouvoir digestif, ne s'accordaient pas encore sur sa nature et ses réaction[s]. Le liquide obtenu était tantôt pour les uns de la salive et du mucus, tantôt pou[r] les autres du suc gastrique véritable : on le croyait tour à tour acide, alcalin [ou] tout à fait neutre.

En effet, Spallanzani lui-même pensait que le suc gastrique variait dans [sa] réaction d'une manière indéterminée. Gosse le proclamait acide chez les herbivore[s], alcalin chez les carnivores. Dumas (de Montpellier) avança que la nourriture vég[é]-tale rendait le suc gastrique acide, et qu'il devenait alcalin avec une nourritu[re] animale : la fermentation lactique des substances végétales contenues dans l'estom[ac] lui avait sans doute suggéré cette opinion singulière.

Depuis les travaux de W. Prout, de Tiedemann et Gmelin, de Leuret et Lassa-gne, etc., on sait positivement que le suc gastrique est constamment *acide* ch[ez] tous les animaux vertébrés. Il en est de même chez les crustacés, d'après Purkinj[e], chez les locustes et les gryllotalpa parmi les insectes orthoptères, chez les anodont[es] parmi les mollusques, d'après Schiff. Burmeister (1) dit qu'il est acide chez to[us] les insectes.

(1) *Handbuch der Entomol.*, t. I, 1832.

Si parfois l'estomac peut renfermer assez de salive et de mucus pour que son contenu soit alcalin, la membrane muqueuse elle-même n'en reste pas moins toujours acide, surtout dans les régions cardiaque et moyenne, comme je l'ai constaté chez le chien : c'est ce dont il est facile de s'assurer en appliquant du papier de tournesol à la surface de cette membrane préalablement essuyée et débarrassée du mucus. Ceux des tubes glandulaires de l'estomac qui sont chargés de la sécrétion du suc gastrique, offrent, en effet, une réaction acide dans toute leur étendue, « et c'est, dit Frerichs, un fait que l'on peut constater dans le proventricule des oiseaux (de l'oie, par exemple). Les sacs glandulaires longs et ovales, dont on peut faire aisément ici des coupes transversales, contiennent, même dans leurs couches les plus profondes, une matière qui rougit le tournesol. Il s'ensuit que le suc gastrique est sécrété acide (1). »

Le *suc gastrique*, séparé du mucus qu'il tient en suspension, est un liquide presque incolore, limpide, doué d'une saveur aigrelette et légèrement salée, d'une odeur faible, mais spéciale et variable chez les divers animaux. Sa densité est un peu supérieure à celle de l'eau. Exposé à une température inférieure à 0°, le suc gastrique demeure limpide ; il se trouble un peu par l'ébullition, et dès lors devient inactif. Quand il a été filtré, l'air n'exerce que peu d'action sur lui : aussi ce liquide, quoique de provenance animale, peut-il être conservé pendant un temps assez long sans perdre ses propriétés chimiques et physiologiques.

Un grand nombre de chimistes, ayant fait des analyses de suc gastrique, ont dit quelle était, suivant eux, la *composition* de cet important fluide. Mais ces analyses (pour la plupart assez dissemblables quant aux proportions de matières organiques, d'acides, de sels, etc., et même quant à la nature de ces corps), représentent, aux yeux du physiologiste, plutôt une sorte d'inventaire de toutes les substances qui *peuvent* se rencontrer dans les liquides sécrétés par la muqueuse de l'estomac, qu'un rigoureux exposé des principes réellement constitutifs du suc gastrique considéré comme agent digestif. En effet, quand la muqueuse de l'estomac, sous l'influence de l'excitation qu'occasionnent les aliments, se met à verser un liquide, il y a là deux actes différents, quoique ordinairement simultanés : l'un principal, qui est caractéristique et immuable : c'est la production d'agents spéciaux sans lesquels il n'y aurait point de digestion possible ; l'autre secondaire (au moins quant à cette fonction), qui varie avec les conditions de l'économie, et qui d'ailleurs est commun à toutes les membranes muqueuses : c'est l'élimination de substances amenées dans l'estomac, soit naturellement par suite du mouvement de décomposition organique, soit accidentellement par suite de leur introduction dans le sang. Or, ces substances, qui sont impropres à rester dans l'organisme, sont aussi très variables et absolument étrangères à la constitution du produit caractéristique et fixe de l'estomac, auquel elles restent néanmoins associées. Dès lors, jusqu'à ce qu'on ait *exactement* déterminé le nombre, la proportion et la nature des éléments qui constituent essentiellement l'agent mystérieux de la digestion ou le *vrai suc gastrique*, il devient difficile d'accorder une très grande importance et une créance complète aux analyses suivantes qu'on donne comme s'appliquant à lui, quoiqu'en réalité elles expriment la composition de liquides mixtes recueillis dans l'estomac.

Berzelius a trouvé dans le suc gastrique de l'homme, recueilli par W. Beaumont, 1,27 pour 100 de matières solides. Leuret et Lassaigne, dans celui d'un chien,

(1) Frerichs, *Ouv. cit.*, t. III, p. 780.

ont trouvé 1,32; Gmelin, dans celui d'un cheval, 1,60. Frerichs a obtenu chez le cheval 1,72 et chez le chien 1,15. Lehmann (1) dit que le suc gastrique contient de 1,05 à 1,48 pour 100 de matières solides. Blondlot, qui autrefois n'en n'avait admis que 1 pour 100, a prétendu récemment (2) que l'on avait généralement beaucoup trop abaissé la proportion de ces matières solides; il assure maintenant qu'elle est de 3,12 pour le suc gastrique filtré. Du reste, les analyses de Schmidt, communiquées par Hübbenet (3), concordent assez bien avec celles de Blondlot : car le chimiste allemand trouva, dans le suc gastrique d'un chien dont les conduits salivaires avaient été liés, 2,6938 pour 100 de principes solides; 2,8829 dans celui d'un autre chien dont les conduits salivaires étaient restés libres; mais seulement 1,3853 dans celui d'un mouton.

La quantité de *matière organique* contenue dans le résidu sec paraît varier sensiblement. Ainsi, dans 3,12 d'un pareil résidu, Blondlot a constaté la présence de 1,80 de matière organique; Schmidt, dans les deux expériences (sur des chiens) qui viennent d'être citées, a trouvé, dans 26,938 de résidu sec, 17,127 de principes organiques, et, dans 28,829 de résidu, 17,336 de ces mêmes principes. Sur le mouton, il n'a trouvé que 4,055 de matière organique sur 13,858 de matière sèche. Ces estimations de Schmidt ont été faites sur 1,000 parties de suc gastrique.

D'après Gmelin, Frerichs et Lehmann, la partie organique du résidu sec du suc gastrique est généralement plus considérable que la partie anorganique. Ainsi Gmelin, chez le cheval, trouve 1,05 pour 100 de parties organiques et 0,55 de parties anorganiques; Frerichs obtient, sur le même animal, 0,98 de parties organiques et 0,74 de parties anorganiques; Lehmann signale de 0,86 à 0,99 des premières, et seulement de 0,38 à 0,56 des secondes.

Il est probable que des substances alimentaires, dissoutes en proportion variable dans le suc gastrique, ont contribué dans ces diverses analyses à la différence des résultats.

La composition générale du suc gastrique est d'après Blondlot (4) :

Eau	96,71
Biphosphate de chaux	0,60
Chlorure de calcium	0,32
Chlorure de sodium	0,16
Chlorhydrate d'ammoniaque	0,36
Matière organique	1,80
Perte	0,05
	100,00

Schmidt donne, comme *moyenne* de neuf analyses du suc gastrique de chien, sans mélange de salive, et recueilli après la ligature des conduits salivaires :

Eau	973,062
Matière organique	17,127
Acide chlorhydrique libre	3,050
Chlorure de potassium	1,125
Chlorure de sodium	2,507
Chlorure de calcium	0,624
Chlorhydrate d'ammoniaque	0,468
Phosphate de chaux	1,729
Phosphate de magnésie	0,226
Phosphate de fer	0,082
	1000,000

(1) *Physiol. Chem.*, t. II, p. 41.
(2) *Sur le principe acide du suc gastrique*. Nancy, 1851.
(3) *Disquisitiones de succo gastrico*. Dorpat, 1850.
(4) *Mém. cit.*, 1851, p. 27.

Ainsi, l'on voit qu'indépendamment de la différence principale relative à l'acide chlorhydrique et à ses combinaisons avec les bases, les analyses de Schmidt signalent dans le suc gastrique la présence du chlorure de potassium et des phosphates de magnésie et de fer, que Blondlot n'avait pas rencontrés. Du reste, déjà d'autres auteurs y avaient admis l'existence de traces d'oxydes de fer et de magnésium : Tiedemann et Gmelin avaient trouvé ces bases chez le cheval, et Braconnot avait découvert l'oxyde de magnésium chez le chien. Frerichs (1) admet la présence du fer, mais il ne croit pas constante celle de ce second oxyde ; il a trouvé en outre des sulfates, comme l'avaient fait aussi autrefois Tiedemann et Gmelin. Lehmann nie la présence de ces derniers sels. Supposant que la matière organique propre au suc gastrique, et qu'on a nommée *pepsine*, contient du soufre comme tous les corps albuminoïdes, on a admis que, dans le cas où elle n'a pas été suffisamment précipitée avant l'évaporation du suc gastrique, le soufre de cette matière organique s'oxyde pour former, dans les cendres, les sulfates que certains auteurs y ont admis comme préexistants.

Burin du Buisson (2), dans ses recherches sur le sang, est dernièrement arrivé à conclure que le manganèse en forme un élément constant. Le fait est digne d'intérêt quand on se rappelle que déjà Gmelin (3) avait dit que le suc gastrique du cheval lui avait paru offrir quelques traces d'oxyde de manganèse.

Quel est l'*acide* auquel le suc gastrique doit son acidité ? Nous croyons devoir traiter cette difficile question avant de parler de la substance organique particulière à ce fluide.

W. Prout (4) est le premier qui ait fait des recherches sur ce sujet. Se servant du contenu de l'estomac du lapin ou d'autres animaux, il l'étendait d'eau, le filtrait et le partageait en trois portions. La première était brûlée et incinérée ; alors Prout déterminait la quantité de chlore combiné avec la potasse et la soude. La seconde, d'abord neutralisée par la potasse, était ensuite brûlée ; elle donnait une quantité de chlore plus forte que la première portion. Prout regardait cet excédant de chlore comme constituant l'acide chlorhydrique *libre* du suc gastrique. La troisième portion était mêlée à un excès de potasse, puis également brûlée. La quantité de chlore qu'elle donnait de plus que la seconde portion était regardée comme constituant des chlorhydrates d'ammoniaque, etc. L'auteur conclut de ses expériences que le suc gastrique renferme une proportion notable d'acide chlorhydrique libre.

Déjà Leuret et Lassaigne avaient élevé contre cette méthode d'analyse des objections auxquelles Prout (5) répondit. Celles que Gmelin formula, de son côté, n'ont pas une grande importance. Mais Blondlot et Frerichs se sont appliqués à démontrer que les analyses du chimiste anglais sont réellement sans valeur. Blondlot (6) les juge et les condamne en ces termes :

« Le suc gastrique renferme constamment une certaine quantité de phosphate d'ammoniaque ; il contient aussi du chlorure de sodium de l'aveu de tous les chimistes : or, lorsqu'on calcine simultanément ces deux sels, il arrive de toute nécessité qu'ils se décomposent réciproquement, c'est-à-dire que l'acide phosphorique se porte sur la soude pour former du phosphate de soude qui est fixe, tandis

(1) *Loc. cit.*
(2) *Sur l'existence du manganèse dans le sang humain.* Lyon, 1852.
(3) *Loc. cit.*, p. 153.
(4) *Philos. Transact.*, 1824.
(5) *Annal. of Philos.*, décemb. 1829.
(6) *Traité analytique de la digestion*, p. 234.

que l'acide chlorhydrique se porte sur l'ammoniaque pour former du chlorhydrate d'ammoniaque qui se volatilise. Lorsqu'au contraire on ne calcine le produit qu'après y avoir ajouté de la potasse, il ne se dégage plus que de l'ammoniaque plus ou moins carbonatée, mais non combinée à de l'acide chlorhydrique. En effet, la potasse, lors même qu'elle n'est pas employée en excès, commence par expulser l'ammoniaque de sa combinaison avec l'acide phosphorique, de sorte que le phosphate de potasse formé n'exerce pas d'action sur le chlorhydrate de soude ; l'ammoniaque se dégage donc seule ou combinée avec une partie d'acide carbonique qui provient de la décomposition par le feu de la matière organique. Il est évident, d'après cela, que la portion de produit calcinée sans addition de potasse devait être moins riche en chlorhydrate de soude ou de potasse, et fournir un précipité moins abondant par l'azotate d'argent que celles qui avaient été soumises à l'action du calorique après cette addition préalable, ce qui détruit par la base le raisonnement de Prout. »

Frerichs (1) fait observer que, quel que soit l'acide libre du suc gastrique, si seulement il est moins volatil que l'acide chlorhydrique, il doit, pendant la calcination, expulser celui-ci des sels qui le renferment ; en sorte que ce procédé démontrerait toujours beaucoup d'acide chlorhydrique libre, quand bien même il n'y en aurait point dans le suc gastrique avant la calcination.

Tiedemann et Gmelin disent avoir rencontré de l'acide *acétique* et de l'acide *butyrique* dans l'estomac des animaux. Frerichs (2) a trouvé aussi de l'acide butyrique dans l'estomac d'un cheval et dans celui d'un chien. Ces acides ne provenaient-ils que de la décomposition des aliments?

La plupart des auteurs modernes ont admis, avec Chevreul, Leuret et Lassaigne, que l'acide libre du suc gastrique est l'*acide lactique*. Mais aucun d'eux n'a donné de preuves tout à fait concluantes pour appuyer cette opinion ; et la réaction, proposée à ce sujet par Pelouze (3), a été considérée comme n'ayant point une valeur suffisante par Strecker, Madrell et Engelhard (4).

Dans le suc gastrique de chiens nourris avec des os ou de la viande, Lehmann a pu recueillir un sel de magnésie qui, par sa composition atomique, correspondait au lactate de cette base. Il se composait de : magnésie, 16 = 1 atome ; acide organique, 60 = 1 atome ; eau, 24,42 = 3 atomes.

Cela tendrait à rendre vraisemblable l'existence de l'acide lactique dans l'estomac. Mais, comme Liebig a démontré la présence de cet acide dans la chair des animaux, et qu'il se forme aussi dans la décomposition des matières féculentes, on peut croire qu'il devra se rencontrer souvent dans l'estomac, sans, pour cela, en représenter le principe acide constant (5).

(1) *Ouv. cit.*, t. III, p. 781.

(2) *Ibid.*, p. 782.

(3) Cette réaction est la suivante : l'*acide lactique* donne des sels de cuivre, de zinc, de chaux et de baryte, solubles dans l'eau ; il donne aussi un sel de cuivre, qui forme, avec la chaux, un sel double et soluble dont la couleur est plus intense que celle du sel simple ; enfin, un sel de chaux soluble dans l'alcool et précipitable par l'éther de sa dissolution alcoolique.

(4) *Loc. cit.*—Récemment Enderlin (*Annal. der Chem. und Pharm.*, t. XLVI, p. 123), ayant analysé, sous la direction de Liebig, le suc gastrique d'un supplicié, n'y a rencontré aucune trace d'acide lactique.

(5) Des expériences nouvelles de Boudault (*Journal de pharmacie et de chimie*, septembre 1856) tendent à établir que la pepsine *neutre* elle-même peut agir comme un véritable ferment en présence de la glycose des aliments et la transformer en *acide lactique*.

Dans le but d'élucider la question des acides libres, dont on admettait l'existence dans le suc gastrique, Blondlot distilla au bain-marie 250 grammes de ce suc jusqu'à ce que les quatre cinquièmes en fussent passés dans le récipient, ce qui exigea plus de vingt-quatre heures. Le produit de la distillation était incolore et n'exerçait aucune action sur le papier de tournesol. C'est là un résultat auquel étaient déjà arrivés Tiedemann et Gmelin dans quelques-unes de leurs expériences, et qui dernièrement a été obtenu par Schmidt, puis constaté aussi par moi avec le suc gastrique du chien, et par Schiff avec celui du chien, du chat, ainsi qu'avec le contenu, étendu d'eau et filtré, de l'estomac du lapin. Cette expérience tend à prouver que, des quatre acides supposés existants dans le suc gastrique (le chlorhydrique, l'acétique, le phosphorique et le lactique), les deux premiers ne sauraient y être à l'état de liberté : ils sont si volatils, qu'ils auraient dû passer dans le récipient.

Blondlot, en essayant de neutraliser le suc gastrique avec du carbonate calcaire (craie), remarqua avec surprise qu'il ne se produisait aucune effervescence et que le liquide conservait toute son acidité, lors même que le contact avait été prolongé pendant plusieurs jours et la température poussée jusqu'à l'ébullition. « Je ne crains pas d'être démenti, ajoute-t-il, en avançant que ce fait si simple et si facile à constater est à lui seul plus significatif que tous les travaux analytiques entrepris jusqu'alors pour élucider la question. » Ce fait prouverait que ni l'acide chlorhydrique, ni l'acide acétique, ni l'acide lactique ne peuvent exister à l'état de liberté dans l'estomac ; car, quelque étendus qu'on les suppose, ces acides ne sauraient rester en contact avec le carbonate calcaire, sans se neutraliser en s'emparant de la chaux, l'acide carbonique devenu libre se dégageant avec effervescence. L'acide phosphorique libre agirait de la même manière. Mais, chose digne de remarque, cet acide, s'il est uni à du phosphate neutre de chaux pour former du biphosphate calcaire, se comporte absolument de la même manière que l'acide du suc gastrique, c'est-à-dire qu'il a une réaction manifestement acide sans avoir la propriété d'être neutralisé par le carbonate calcaire. Blondlot prétend que, de tous les composés acides connus, le *biphosphate* de chaux est le seul qui se comporte ainsi.

Au contraire, avec les carbonates de potasse, de soude et d'ammoniaque, le suc gastrique se neutralise, avec effervescence, en précipitant du phosphate neutre de chaux.

Le fer et le zinc, qui sont si facilement attaqués par l'acide chlorhydrique, ne subiraient, au dire de Blondlot, aucune action de la part du suc gastrique ordinaire, quelle que fût la durée du contact. Il en serait de même de leurs oxydes : ainsi l'oxyde de zinc, qui a une tendance si grande à se combiner avec l'acide lactique et l'acide chlorhydrique, serait tout à fait impuissant pour neutraliser le suc gastrique, même à une température élevée.

C'est sur ces faits que Blondlot s'appuyait, en 1843, pour nier que la réaction du suc gastrique soit due à un acide libre, et pour affirmer qu'elle doit être rapportée uniquement au *biphosphate de chaux*.

Blondlot trouva des contradicteurs. Tous les auteurs nièrent même l'existence normale du biphosphate de chaux dans le suc gastrique, à l'exception de Dumas (1), qui, néanmoins, attribue l'acidité de ce fluide principalement à l'acide lactique libre. Bidder et Schmidt (2) pensent que l'opinion de Blondlot n'est vraie que pour

(1) *Traité de chimie*, t. VIII, p. 604.
(2) *Die Verdauungssäfte*, etc., p. 43.

le suc gastrique des chiens préalablement nourris avec des os : on y rencontre en effet du phosphate acide de chaux, qui n'est plus alors qu'une substance accessoire produite par l'action de l'acide libre de l'estomac sur le phosphate calcaire des os.

C'est à tort, suivant nous, qu'on a révoqué en doute l'impuissance du carbonate de chaux à neutraliser l'acidité du suc gastrique. Schiff a démontré, devant la Société d'histoire naturelle de Francfort, que, si l'on prend du carbonate de chaux pur et sans traces de carbonate de potasse, on peut en ajouter au suc gastrique des quantités considérables sans en neutraliser l'acidité. On peut, selon ce physiologiste, répéter cette expérience sur le suc gastrique des chiens nourris avec les substances les plus diverses; il l'a même faite sur du suc obtenu par l'irritation mécanique de la muqueuse stomacale à travers une fistule. Il a constaté le même résultat avec la liqueur filtrée du contenu de l'estomac chez le chat, le lapin et le cabiai. Le carbonate de chaux, laissé en contact avec le suc gastrique pendant plusieurs jours, à froid ou à une température de 36 degrés centigrades, n'en a pas produit la neutralisation ; seulement celle-ci est survenue au moment où le liquide entrait en putréfaction, ce qui avait lieu dans quelques cas, en été, après plusieurs jours et s'annonçait toujours par un dégagement abondant d'ammoniaque. Schiff n'a fait que trois expériences avec le carbonate de magnésie, et chaque fois l'acidité du suc gastrique a été neutralisée après une heure ou deux, avec une faible effervescence. Blondlot, qui dans ces mêmes expériences est arrivé à un résultat différent, aurait-il opéré sur du suc gastrique qui avait été en contact avec des os? Toutefois, Schiff diffère encore de Blondlot sur un autre point : il a toujours constaté que, quand le suc gastrique est mis en contact avec le carbonate de chaux, il s'opère un dégagement de gaz, très faible à la vérité et parfois seulement reconnaissable à la loupe, mais pouvant durer une ou plusieurs heures. Il pense donc que le suc gastrique doit toujours expulser une partie de l'acide carbonique de la craie, et même une partie plus considérable que ne l'admet Blondlot dans son nouveau mémoire que nous allons mentionner. Schiff fait également observer qu'ayant filtré du suc gastrique qui était resté en contact avec du carbonate calcaire, il a toujours pu, par l'acide oxalique, y déterminer un précipité plus abondant que dans une égale portion de ce même suc conservé pur ; ce qui démontre que, sans se neutraliser, l'acide du suc gastrique peut dissoudre une portion assez notable de chaux. Nous reviendrons sur ce fait à propos de la digestion des os.

Dans de nouvelles recherches chimiques *sur la nature et l'origine du principe acide* qui domine dans le suc gastrique, recherches qu'il a publiées en 1851, Blondlot a voulu répondre aux principales objections qu'on avait élevées contre sa doctrine. S'il n'y avait pas neutralisation du suc gastrique en présence du carbonate de chaux (craie), cela tenait, avait-on dit, à la trop grande dilution de l'acide, à la dissolution du gaz carbonique à mesure qu'il se forme, tandis qu'en concentrant le liquide on obtenait avec ce même carbonate une effervescence manifeste. — Blondlot répondit qu'on ne peut pas admettre que le suc gastrique, qui rougit si fortement le papier de tournesol, présente une semblable dilution, et que même, quand il en serait ainsi, cette dilution extrême ne saurait empêcher le dégagement de l'acide carbonique de la craie. Autrement, jamais avec ce dernier corps on ne pourrait neutraliser complétement une liqueur acidifiée par un acide quelconque ; car, quel que fût le degré de son acidité primitive, il arriverait toujours un moment où la réaction deviendrait aussi faible et même plus faible que celle du suc gastrique.

Suivant le même auteur, le défaut de neutralisation du suc gastrique, en contact avec le carbonate calcaire, n'est pas dû à ce que l'acide carbonique est retenu et se dissout dans le liquide, car la neutralisation n'a pas lieu même à la température de l'ébullition qui chasserait l'acide carbonique. — Enfin, ajoute-t-il, si le suc gastrique, concentré par l'évaporation, attaque le carbonate calcaire d'une manière évidente, ainsi que le fer et le zinc, c'est parce que, vers la fin de l'opération, les chlorures se décomposent et dégagent de l'acide chlorhydrique libre qui passe en partie à la distillation. Cela arrive quand le liquide est réduit à peu près au vingtième de son volume. Blondlot a trouvé, et il est facile de s'en assurer, que si alors on étend d'eau le résidu acide jusqu'à ce qu'il reprenne le volume primitif, la décomposition des sels n'en a pas moins lieu avec effervescence, ce qui renverse la précédente objection fondée sur la trop grande dilution de l'acide.

Dans le but de soumettre ces faits à une sorte de contre-épreuve, cet expérimentateur acidula très légèrement de l'eau pure avec du biphosphate de chaux, et, après y avoir ajouté une faible proportion de chlorure de sodium et de chlorure de calcium, il distilla au bain-marie. Or, de même qu'avec le suc gastrique, ce fut seulement vers la fin de l'opération que l'acide chlorhydrique apparut dans le produit. Mais cet acide passait entièrement à la distillation sans qu'une partie en restât dans la cornue, comme cela avait lieu en opérant avec le suc gastrique. Blondlot attribua ce fait à la viscosité que les matières organiques donnent au suc gastrique et qui empêche mécaniquement une partie de l'acide formé de se volatiliser. En effet, en ajoutant à la solution artificielle de biphosphate calcaire quelques gouttes d'une solution de gomme ou de gélatine, il y retint une partie de l'acide chlorhydrique.

Melsens ayant introduit du spath calcaire (carbonate de chaux cristallisé et très pur), avec du suc gastrique dans un flacon, bouché à l'émeri, qu'il agitait de temps en temps, constata qu'au bout de quelques heures les cristaux étaient devenus légèrement opaques à leur surface. Blondlot, après avoir répété cette expérience, ajoute qu'en regardant plus attentivement on aperçoit une foule de très petites bulles gazeuses adhérentes et qui cessent bientôt de se reproduire si on les détache par l'agitation. Ce fait, aux yeux de Blondlot, prouve qu'outre du phosphate acide de chaux, il y a dans le suc gastrique une trace d'un autre acide qu'il croit être de l'acide chlorhydrique. Melsens affirme que le spath a perdu de son poids; mais Blondlot dit s'être assuré que cette perte n'est pas appréciable même aux balances les plus sensibles, et il croit que, dans l'expérience de Melsens, l'agitation aura pu détacher un petit fragment du cristal : aussi conseille-t-il de l'enfermer dans un tube pour prévenir les effets de sa fragilité. Schiff, qui a répété ces expériences, a vu le spath calcaire devenir opaque et un peu inégal à sa surface, mais jamais il n'a pu constater une perte de son poids. Peut-être, dans les expériences de Melsens, le suc gastrique était-il mêlé à un acide libre provenant des matières alimentaires, à l'acide lactique, par exemple. Jamais, avec le spath calcaire, on n'obtient la neutralisation du suc gastrique.

Cependant on n'avait toujours pas de preuve directe de la présence du biphosphate de chaux dans le suc gastrique, et les raisons données par Blondlot, dans son *Traité de la digestion*, n'étaient pas suffisantes, quand en 1851 il vint fournir de nouveaux faits (1). Après avoir filtré une certaine quantité de suc gastrique, il la neutralise avec du carbonate de soude en léger excès, afin de précipiter toute la

(1) *Mém. cit.*, p. 17.

chaux combinée soit avec l'acide phosphorique, soit avec l'acide chlorhydrique. Le phosphate de chaux étant précipité et séparé par filtration, le liquide filtré, qui contient les sels sodiques, doit contenir en particulier du phosphate de soude, si, dans le suc gastrique, il y a plus d'acide phosphorique qu'il n'en faut pour former le phosphate simple de chaux précipité. En effet, le liquide filtré, soumis à l'évaporation, donne la quantité de phosphate de soude présumée. Cette simple expérience suffit, d'après son auteur, pour prouver que c'est bien l'acide phosphorique qui, dans le suc gastrique, tient le phosphate de chaux en dissolution à l'état de biphosphate.

Lehmann (1) suppose que le biphosphate de chaux, dont il reconnaît que Blondlot a démontré la présence d'une manière exacte, n'était, dans ce cas, que le produit de l'action du suc gastrique sur les os que le chien aurait pris quelques temps avant l'expérience. Blondlot, il est vrai, ne dit pas comment il avait nourri l'animal; mais Schiff, répétant l'expérience, prétend avoir obtenu le même résultat avec le suc gastrique d'un chien qui, depuis deux jours, n'avait mangé que de la soupe et des pommes de terre. Lehmann objecte encore que la partie calcaire des os reste fort longtemps dans l'estomac en état de désagrégation, même après que leur partie cartilagineuse a entièrement disparu. Tenant compte de cette observation, Schiff répéta deux fois l'expérience sur d'autres chiens qui, depuis cinq jours, n'avaient mangé que des pommes de terre, de la viande et de la soupe. Dans ces deux cas, après la précipitation du phosphate simple de chaux, il ne put trouver d'acide phosphorique dans le liquide filtré. Il lui fut également impossible de reconnaître le phosphate acide de chaux dans le produit filtré de l'estomac d'un cabiai exclusivement nourri de betteraves; mais il constata la présence de ce dernier sel acide chez un surmulot nourri de la même manière.

Ainsi, bien que les expériences sur lesquelles s'appuie Blondlot pour prouver l'existence du biphosphate de chaux soient exactes, il est impossible, d'après les faits qui précèdent, d'admettre que ce biphosphate existe *normalement* et *constamment* dans le suc gastrique qui lui emprunterait son acidité.

Pour déterminer la *nature de l'acide* libre, contenu dans le suc gastrique, Schmidt (2) s'est servi d'une autre méthode: il a fait, en variant ses procédés, l'analyse quantitative des acides et des bases de ce fluide recueilli après la ligature des conduits salivaires.

Cent grammes de suc gastrique furent fortement acidulés avec l'acide azotique et précipités par l'azotate d'argent. Le chlorure d'argent ainsi formé put être pesé, immédiatement après la filtration, afin de déterminer la quantité de chlore. Puis, après qu'on eut précipité le sel d'argent en excès, au moyen de l'acide chlorhydrique, la liqueur filtrée fut calcinée dans un vase de porcelaine pour en doser toutes les bases.

Par ce procédé on voit que, si le suc gastrique renferme des lactates, la quantité de chlore que l'on aura obtenue du premier précipité de chlorure d'argent, ne sera pas suffisante pour saturer à elle seule toutes les bases; tandis que, s'il n'y a d'acide libre que le chlorhydrique, la quantité de chlore devra dépasser celle qui est équivalente aux différentes bases. Dans l'expérience de Schmidt, la quantité d'acide

(1) *Physiolog. Chemie*, t. III, p. 332.

(2) Hübbenet, *De succo gastrico*. Dorpat, 1850. — Bidder et Schmidt, *Die Verdauungssäfte*, etc. Leipzig, 1852, p. 44.

lorhydrique fut supérieure à celle qui eût été nécessaire pour saturer la totalité s bases.

Schmidt détermine la quantité d'acide libre par la saturation à l'aide de la tasse, de la chaux ou de la baryte. Si cet acide n'est que le chlorhydrique, la iantité de base nécessaire pour le neutraliser doit équivaloir à la quantité d'acide lorhydrique libre trouvé par la méthode précédente. Mais s'il existe, en plus, i autre acide, la quantité de base nécessaire pour la neutralisation doit dé-sser la quantité correspondante à l'acide chlorhydrique libre. Or, l'expérience démontré que la quantité de base nécessaire correspondait *presque* exactement à quantité de cet acide libre préalablement trouvée.

A l'aide de plusieurs analyses, il détermine aussi la quantité d'ammoniaque ntenue dans le suc gastrique ; cette quantité n'est pas considérable, mais elle est nstante. Dans une expérience à part, il s'assure que cette quantité d'ammoniaque provient pas de la décomposition des matières organiques par la base ajoutée ur obtenir la neutralisation.

Schmidt dit avoir aussi reconnu, expérimentalement, que le suc gastrique ne nferme, par lui-même, aucun acide composé des trois éléments HCO, ou que moins s'il y existe des acides organiques non azotés, comme le lactique, etc., ur proportion doit être infinitésimale.

Dans ces expériences, le suc gastrique a constamment été recueilli sur des animux à jeun depuis 18 à 20 heures, et dont la nourriture antérieure avait été anile ou végétale ; toujours les résultats ont été identiques. Seulement chez les herores, à côté de l'acide chlorhydrique libre, se sont trouvées, dit Schmidt, des antités appréciables d'acide lactique provenant de la nourriture féculente.

Voici un tableau de ces analyses, à l'aide duquel on reconnaît facilement quels pports peuvent exister entre la quantité d'acide chlorhydrique libre et l'acidité suc gastrique, celle-ci étant mesurée par la quantité de base nécessaire pour tenir la neutralisation.

Sur 100 parties de base nécessaires pour neutraliser le suc gastrique, l'acide lorhydrique libre correspond à :

1re analyse . . .	99,7	7e analyse . . .	80,1
2e —	93,5	8e —	77,4
3e —	94,6	9e —	107,9
4e —	107,0	10e —	108,0
5e —	99,8		
6e —	111.4	Moyenne. . . .	97,9

On voit jusqu'à quel point on est autorisé à conclure que le suc gastrique doit n acidité seulement ou principalement à l'acide chorhydrique. Il est évident e, dans quelques-uns de ces cas, il y avait une faible proportion d'un autre ide (lactique).

Pour le mouton, chez qui la quantité d'acide chlorhydrique libre est beaucoup oins abondante, Schmidt donne le résultat suivant : 1re analyse = 52,5 ; 2me ana-e = 54,7.

La quantité plus grande d'acide lactique, que l'on trouve chez le mouton, tient, l'auteur, à la nourriture même de cet animal, la matière féculente se trans-mant en acide lactique. L'estomac du mouton était d'ailleurs presque toujours mpli d'aliments.

Nous avons vu que la quantité moyenne d'acide chlorhydrique libre était, d'après

Schmidt, de 3,050 pour 1000 dans le suc gastrique du chien, recueilli après la lig ture des conduits salivaires. Elle ne fut plus que de 2,337 quand on négligea cet dernière opération. Après la section des nerfs pneumogastriques et la ligature d conduits salivaires, elle s'abaissa à 2,022, et, dans le suc mélangé de salive, 1,928. Le suc gastrique du mouton donna, dans deux analyses, 0,999 et 1,4 d'acide chlorhydrique libre.

Devant des résultats en apparence si contradictoires, et obtenus principal ment par Blondlot et Schmidt, on continue à se demander quel peut donc êt véritablement le principe acide du suc gastrique.

Des recherches de ce dernier auteur il résulterait que le seul acide qui ne trouve jamais neutralisé par les sels basiques est l'*acide chlorhydrique.* Mais est-c pour cela, autorisé à le regarder comme *libre* dans le suc gastrique? Nous répo drons négativement par les raisons suivantes : 1° Le suc gastrique ordinaire n' taque pas le zinc métallique. 2° Le carbonate calcaire est impuissant à neutrali l'acidité du suc gastrique. 3° Le suc gastrique donne, avec l'acide oxalique, un p cipité blanc d'oxalate de chaux ; ce qui ne pourrait avoir lieu s'il existait des tra d'acide chlorhydrique libre. 4° L'acide chlorhydrique libre est très volatil, et il est montré par l'expérience qu'on peut pousser la distillation du suc gastrique jusq réduction au vingtième de son volume, sans que le produit distillé devienne aci

Chacun de ces faits, pris isolément, suffirait déjà pour établir que l'acide du gastrique n'est pas de l'acide chlorhydrique *libre :* la présence de cet acide, au m lième, les rendrait tous impossibles. Mais ils contribuent aussi, avec les analy de Schmidt, à faire voir que cet acide n'est pas non plus le phosphorique. Nous dirons rien de la non-coagulation de l'albumine liquide (à laquelle Blondlot sem attacher une très grande importance), parce qu'elle est commune à beauc d'acides dans un certain degré de dilution, comme l'a surtout prouvé Berzeli

L'acide chlorhydrique n'étant pas libre, on a pensé qu'il devait être uni à matière organique spéciale (*pepsine*) qui se trouve dans le suc gastrique et qui e même fait partie des corps dits albuminoïdes ou protéiques. On sait, en effet, d'a Mulder (1), que les corps albuminoïdes peuvent s'unir, par exemple, aux aci sulfurique et chlorhydrique pour former des combinaisons à réaction acide. chimiste les regarda d'abord comme des acides composés et les appela *acide su protéique* et *acide chlorhydro-protéique.* Mais, les envisageant plus tard sous autre point de vue (2), et reconnaissant combien peu ils conservaient les caract de l'acide primitif, il les regarda comme des sels à réaction acide, et chan leurs noms en ceux de sulfate ou de chlorhydrate d'albumine, de caséine, etc. Ai dans la combinaison appelée sulfo-protéique, l'acide sulfurique ne donne plu précipités avec les sels de baryte et de chaux, précipités qui le caractérisent son état libre ou dans ses composés salins ordinaires. Mulder fait d'ailleurs ob ver que l'acide sulfo-protéique lui a paru exiger, pour être neutralisé, au d'oxyde métallique que l'acide sulfurique pur qui entre dans sa composition.

Ainsi nous voyons que, par la combinaison des acides avec les corps albu noïdes, il peut se former des sels à réaction acide ou des acides complexes qui perdu, en grande partie, les caractères de l'acide primitif. Ces acides compl n'ont encore été que fort peu étudiés.

(1) *Natuur en Scheikundig Archief.*, p. 129. 1838.
(2) *Chemische Untersuchungen*, t. II, p. 224. 1847.

'est à un pareil produit, formé de l'union de l'acide chlorhydrique avec la ma- e albuminoïde essentielle du suc gastrique (*pepsine*) que Schiff attribue l'aci- de ce suc : il le nomme *acide chlorhydropeptique*.

'acide chlorhydropeptique se distingue de l'acide chlorhydrique par les actères déjà énoncés : ce sont presque tous ceux que Blondlot a observés s le suc gastrique et qui ne lui ont paru convenir qu'à l'acide phosphorique. reste, l'acide chlorhydropeptique qui, jusqu'à présent, n'a pu être préparé iciellement, demande, comme l'acide sulfo-protéique de Mulder, pour être ré, autant de base que l'acide anorganique qui y est entré, ainsi qu'il résulte observations de Schmidt.

éjà en 1847, partant de ce principe (qu'on ne peut plus adopter), que la sion est une dissolution dans un acide, et reconnaissant que les acides répu- n dilution dans le suc gastrique dissolvent très peu d'albumine cuite, Schmidt t été aussi amené à considérer l'acide du suc gastrique comme une combinaison a pepsine de Wasmann avec l'acide chlorhydrique (*A. chloropepsinhydrique*). s, depuis cette époque, il a cru devoir modifier son opinion et attribuer, comme 'a vu plus haut, l'acidité du fluide digestif à l'acide chlorhydrique *libre*.

i l'on veut admettre l'*acide chlorhydropeptique* comme caractérisant le suc rique, il faut bien néanmoins reconnaître que, généralement, il existe encore l'estomac une faible proportion d'un acide organique non azoté qui, d'après echerches de la plupart des chimistes modernes, est de l'*acide lactique*. Cet e ne se rencontre pas seulement chez les herbivores; on en a aussi constaté ésence dans le suc gastrique des carnassiers. L'existence de cet autre acide ex- uerait pourquoi, en général, dans les analyses de Schmidt, l'équivalent de le chlorhydrique « libre » s'est trouvé un peu inférieur à la quantité de base ssaire pour la neutralisation du suc gastrique.

u précédent exposé critique il résulte qu'à nos yeux la chimie organique n'a t encore dissipé toutes les incertitudes sur la question de savoir à quel acide c gastrique emprunte son acidité. Aussi ne saurions-nous partager, à cet égard tisfaction de plusieurs physiologistes de notre époque.

II. Nous venons de voir que le *liquide gastrique* renferme de l'eau, du us, des sels nombreux, un ou plusieurs acides, et une matière organique iale (*pepsine*) sur laquelle surtout il nous faudra revenir avec détails. Reste tenant à rechercher, parmi toutes ces substances, celles qui sont réellement pensables à l'accomplissement de la digestion stomacale, c'est-à-dire à déter- r les *éléments essentiels du suc gastrique* proprement dit.

Nul doute que l'*eau* (qui résume en elle seule une grande partie des condi- de la vie, en rendant possibles la dissolution, l'absorption et l'assimilation de ins principes fixes nécessaires à son entretien) ne soit aussi indispensable à onstitution du suc gastrique qu'à celle du sang lui-même. Toutefois évi- ment l'eau est incapable de digérer par elle-même les aliments renfermés l'estomac. Mais, fait digne de remarque, si, d'après L. Corvisart (1), l'on e un certain excès d'eau au suc gastrique de chien, durant la digestion ar-

(1) *Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*; t. XXXV, 1852. — *Études sur iments et les nutriments*. Paris, 1854.

tificielle de l'albumine *coagulée*, le pouvoir digestif de ce dernier fluide est accru ; d'où la dissolution et la transformation isomérique d'une plus grande quantité d'albumine. Le même effet ne se produit point si l'excès d'eau est ajouté seulement après la digestion : ce qui porte à conclure, dit Corvisart, qu'ici l'eau ne reçoit pas seulement le produit digéré, mais qu'elle en accroît réellement la quantité. Rappelons, en passant, qu'ayant fait bouillir de l'albumine ou de la fibrine pendant trente heures dans de l'eau distillée, le même auteur est arrivé à obtenir un produit dont les caractères chimiques et physiologiques sont très voisins de ceux que ces mêmes substances présentent après leur digestion dans le suc gastrique ; rappelons aussi que l'ébullition prolongée de la viande dans l'eau donne naissance au *bouillon*, liquide qui, absorbé par le rectum, peut nourrir sans avoir subi aucune transformation digestive de la part de l'estomac ou de l'intestin grêle. Mais la science laisse encore beaucoup à désirer sur ces divers points. Bornons-nous donc à reconnaître ici l'*eau* comme le dissolvant nécessaire des principes essentiels du suc gastrique.

b. Contrairement à l'opinion émise par quelques auteurs, le *mucus* n'est point essentiel à la constitution et au pouvoir spécial du suc gastrique ; s'il en était autrement on verrait ce pouvoir s'amoindrir dans le suc gastrique séparé, par le filtre, de tout le mucus qu'il tenait en suspension. Or, nos propres expériences nous ont mainte fois démontré que le suc gastrique filtré dissout et transforme autant d'albumine coagulée et de fibrine que celui qui n'a pas subi cette manipulation préalable. Nous avons d'ailleurs signalé plus haut certaines influences qui, tout en provoquant une sécrétion plus abondante de mucus gastrique, n'activent pourtant en aucune façon le travail propre à l'estomac.

c. Quant aux *sels* contenus dans le suc gastrique, on a pu croire, mais on n'a pas réellement démontré qu'ils concourent à accroître l'activité de ce menstrue spécial. F. Arnold et Hunefeld, par exemple, rapportent un certain nombre de phénomènes digestifs à l'influence dissolvante du chlorhydrate d'ammoniaque. Ce sel ne peut néanmoins dissoudre qu'une assez petite quantité de fibrine, et cela encore en un temps beaucoup plus long que celui qu'exige la digestion ordinaire. Lehmann et Frerichs ont trouvé, il est vrai, qu'en ajoutant au suc gastrique artificiel une faible quantité de sel commun (chlorure de sodium), on accélérait un peu et presque toujours la digestion, tandis que de plus fortes proportions de ce sel (10 à 15 parties pour 100) retardaient ce travail et avaient toujours une influence nuisible. Boudault et L. Corvisart (1), ayant calciné 200 grammes de suc gastrique de chien, ont obtenu un résidu salin qu'ils ont ajouté à 50 autres grammes du même fluide ; ce surcroît de sels a diminué sensiblement l'énergie de la digestion au lieu de l'augmenter. D'un autre côté, lorsque, pour se procurer la pepsine, on fait intervenir l'action de l'alcool ou de l'acétate de plomb, on élimine une grande quantité de sels, et pourtant l'activité du suc gastrique artificiel ainsi obtenu est loin d'être inférieure à celle du suc gastrique naturel. Les digestions artificielles pouvant même s'accomplir sans le secours des composés salins qu'on trouve ordinairement dans le suc gastrique, il ne paraît donc pas que le concours de ces sels doive non plus être indispensable à l'accomplissement de la digestion stomacale (2).

(1) Mém. cit.

(2) Nous avons déjà dit ce qu'on doit penser du sel acide (*biphosphate de chaux*), auquel Blondlot rapporte l'acidité du suc gastrique.

d. A différentes époques de la science, on a accordé à l'intervention de l'*acide* du suc gastrique une assez grande importance pour faire admettre par beaucoup de physiologistes que la digestion des matières albuminoïdes n'est autre chose que leur *dissolution* par les acides dilués dans le suc gastrique : c'était l'opinion de Tiedemann et Gmelin ; c'est celle de Bouchardat et Sandras, de Schmidt avec quelques modifications.

On avait objecté que les acides dissolvent les matières précédentes seulement lorsqu'ils sont beaucoup plus concentrés qu'on ne les rencontre dans le suc gastrique. Mais Bouchardat et Sandras (1) ont découvert que l'acide chlorhydrique, qui, à l'état de concentration, dissout la fibrine, le gluten, etc., ne les dissout plus s'il est moins concentré, et qu'il recouvre sa propriété dissolvante dès qu'on le réduit à un état d'extrême dilution (un demi-millième). Or, suivant ces auteurs, c'est à cet état de dilution qu'il existe dans le suc gastrique, et la solution de fibrine ou de gluten par l'acide dilué offrirait les mêmes caractères chimiques que la solution de ces substances par le suc gastrique. Ils reconnaissent toutefois que le blanc d'œuf cuit et la viande cuite ne sont pas solubles dans l'acide chlorhydrique très dilué, et que leur dissolution dans le suc gastrique est nécessairement due à la présence d'un *autre agent*.

Bien que divers auteurs (G. Valentin, Schmidt, Schiff) disent avoir vu que l'acide chlorhydrique dilué peut même dissoudre un peu d'albumine concrète, ou qu'ils aient constaté une légère diminution de poids dans la viande cuite, laissée quelques jours en contact avec une solution affaiblie de cet acide, il n'en faut pas moins penser, avec la plupart des physiologistes modernes, que la digestion est tout autre chose qu'une simple dissolution dans un acide. En effet, la solution digestive se distingue de la solution acide par l'aspect d'abord, puis par la quantité de matière dissoute, par les conditions au milieu desquelles elle s'opère, par la proportion relative d'acide qui peut y être employée, enfin par le produit de la solution elle-même.

Chacun de ces divers points demande quelques développements propres à restreindre dans ses vraies limites l'importance de l'acide gastrique.

1° L'aspect de la solution est bien différent, suivant qu'il y a intervention du suc gastrique ou seulement d'un acide dilué. Si l'on soumet un cube d'albumine cuite au contact d'acides très étendus, le liquide acquiert une teinte blanchâtre, et, d'après les auteurs cités, l'albumine peut même perdre un peu de son poids. Mais on n'observe jamais que les angles du cube se ramollissent et se transforment en une pulpe grisâtre, adhérente aux doigts, ou qu'ils se détachent pour se diviser dans le liquide en parcelles pulvérulentes, humides; et, jamais on ne voit, ce qui est si caractéristique dans la solution par le suc gastrique, la surface du cube se couvrir d'un enduit mol et visqueux. Le cube devient, au contraire, plus ferme et ses angles restent aigus ; sa forme générale demeure la même, quelle que puisse être la diminution de son volume. Enfin, on ne trouve jamais, au fond du vase, cette matière pultacée, cette sorte de sédiment qu'on observe toujours dans la solution digestive des matières albuminoïdes.

La fibrine se dissout dans le suc gastrique à peu près de la même manière que l'albumine : elle s'y gonfle à peine et se réduit, couche par couche, en une masse pultacée. Par l'action des acides, au contraire, la fibrine se gonfle en totalité et se transforme en une gelée tremblante qui ne tarde pas à diminuer en se dissolvant

(1) *Recherches sur la digestion*, dans *Annal. de chim. et de phys.*, t. V, 3e série.

plus ou moins dans l'acide; dans beaucoup de cas, cette dissolution peut deveni complète, si l'on agite le liquide additionné d'un peu d'eau. On obtient aussi, av le gluten, ces phénomènes différentiels. La solution de viande a donné à Beau mont les mêmes résultats; nous les avons souvent constatés nous-même en compa rant l'action des acides à celle du suc gastrique, dans l'estomac ou dans des vase à expérience.

2° La quantité de matière dissoute diffère beaucoup dans les deux cas : car dan nos expériences, comme dans celles de Schiff, qui avaient duré de vingt-quatre trente heures, les acides pendant ce temps n'avaient dissous, en moyenne, que l neuvième partie de ce qu'avait dissous le suc gastrique. En abandonnant encore eux-mêmes, un jour ou deux, ces divers mélanges, on observait que l'action d suc gastrique continuait de manière à finir par dissoudre presque la totalité du cor albuminoïde. Il n'en était pas de même pour la solution avec les acides; alors richesse de cette solution n'avait pas augmenté d'une manière sensible. D'ailleu tous les auteurs s'accordent à regarder le pouvoir à la fois dissociant et dissolva du suc gastrique comme bien supérieur à celui des acides dilués.

3° La chaleur favorise l'action dissolvante des acides, et, quand on veut obte une dissolution plus rapide, il est nécessaire de chauffer le mélange. La facul dissolvante et transformatrice du suc gastrique s'affaiblit, au contraire, dès q la température dépasse + 45 degrés centigrades, et elle disparaît complè ment avec l'ébullition. A une température inférieure à + 6 degrés, par exemp les acides dilués agissent encore, quoique plus faiblement, tandis que le suc ga trique a perdu toute son activité spéciale.

4° Si l'acide n'a pas tout à fait atteint ce degré de dilution sans lequel il dissout point les corps albuminoïdes, on peut néanmoins obtenir leur dissoluti en ajoutant à l'acide la substance particulière au suc gastrique (pepsine), c'e à-dire en préparant de la sorte un suc gastrique artificiel. La quantité d'acide néc saire pour rendre actif le suc gastrique ne paraît donc pas aussi rigoureusem limitée que celle qu'exige la dissolution par les acides seulement.

5° Enfin le produit de la dissolution des albuminoïdes par le suc gastriq (produit sur lequel nous aurons à revenir avec détails) diffère entièrement de ce de la solution par les acides : j'ai fait connaître plus haut (*voy. p.* 154) un moy simple de distinguer les matières albuminoïdes ainsi dissoutes de celles qui réellement subi leur transformation digestive par le suc gastrique. C'est dans mêmes vues qu'a été exécutée l'expérience suivante : Si l'on injecte, dans les vei d'un animal, de l'albumine dissoute dans de l'eau légèrement acidulée, cette alb mine reparaît dans les urines; tandis que, si elle a été préalablement soumis l'action directe du suc gastrique, elle est assimilée. Les mêmes résultats ont obtenus avec le sucre et avec le caséum. Ces expériences ne nous semblent démontrer tout ce qu'on a voulu en déduire. Nous en parlerons dans une autre casion.

Après avoir combattu l'opinion qui tendrait à faire de l'*acide* l'élément par cellence du suc gastrique, hâtons-nous pourtant de reconnaître combien son tervention est nécessaire : en effet, si l'on neutralise complétement le suc gastri par une base quelconque, la matière albuminoïde qu'on y dépose ne se diss plus, et bientôt même elle entre en putréfaction. Mais si à ce suc neutralisé ajoute de nouveau quelques gouttes d'acide sulfurique, phosphorique, chlor

drique, lactique, acétique ou autres, toute matière albuminoïde est encore dissoute plus ou moins rapidement : d'où l'on peut inférer qu'en présence d'un autre élément du suc gastrique que nous allons faire connaître, il est seulement besoin de la réaction acide en général, mais qu'il n'est pas nécessaire que l'acide soit particulièrement celui qu'on regarde comme propre au suc gastrique lui-même. Il est bon de noter que les acides lactique et chlorhydrique semblent néanmoins agir avec un peu plus d'énergie que les autres.

e. Si le concours d'un acide est indispensable pour la digestion stomacale, tandis que son action isolée est insuffisante, on se demande quel est, dans le suc gastrique, l'autre agent qui doit venir en aide à l'acide pour opérer cette dissolution ou plutôt cette métamorphose de toute une classe d'aliments aussi importante que celle des albuminoïdes. Nous sommes ainsi amenés à parler du *suc gastrique artificiel*, dont on doit la découverte à Eberle, et, par conséquent, de l'un de ses deux éléments essentiels, la *pepsine*.

Eberle (1), qui avait reconnu l'insuffisance des acides pour accomplir la digestion, observa qu'une espèce de couche muqueuse entoure parfois la masse alimentaire dans l'intérieur de l'estomac. Ce genre de mucus grisâtre peut offrir, chez les herbivores, une densité assez grande pour avoir l'apparence d'une véritable membrane : sa densité est beaucoup moindre chez les carnivores. Sa réaction est fortement acide. Il est soluble dans l'eau, à laquelle il donne une consistance filante, et cette solution, élevée à une température convenable, peut dissoudre les matières albuminoïdes aussi rapidement et aussi complétement que le suc gastrique lui-même. D'après Eberle, il est sécrété, à l'état acide, par les tubes glandulaires de l'estomac ; et, chez les gallinacés, on parvient, à l'aide d'une certaine pression, à le faire sortir de ces tubes.

Persuadé que ce produit sécrétoire n'était que la substance liquéfiée des tubes glandulaires eux-mêmes, Eberle eut l'idée de l'obtenir artificiellement en faisant une infusion de la membrane muqueuse de l'estomac. A l'aide de ce procédé, il vit bientôt que l'infusion, additionnée de quelques gouttes d'acide, était également douée de la faculté digestive. Eberle alla plus loin : après avoir lavé la muqueuse jusqu'à disparition de sa réaction acide, il la sécha à l'air; puis, faisant une infusion acidulée de cette membrane desséchée, il obtint un suc gastrique artificiel, qu'il put dès lors se procurer à volonté.

En présence de ces faits, on se demande tout d'abord si la propriété de former des liquides digestifs, avec de l'eau acidulée, n'appartient qu'à la membrane muqueuse de l'estomac, à l'exclusion des autres membranes animales. Les expérimentateurs ne se sont pas accordés pour résoudre cette question : Eberle dit avoir obtenu un suc digestif avec des portions de muqueuse empruntées à l'intestin, à la trachée, à la vessie, et même avec du mucus nasal. Ernest Burdach (2) va plus loin et prétend en avoir retiré, non-seulement des membranes muqueuses, mais encore du péricarde et des muscles eux-mêmes.

Aujourd'hui, la plupart des physiologistes n'attribuent la faculté digestive qu'à l'infusion acidulée de la muqueuse de l'estomac. Müller et Schwann (3), sans se prononcer d'une manière tranchée, reconnaissent dans cette membrane un principe

(1) *Physiol. der Verdauung.* Würtzburg, 1834.
(2) *Traité de physiologie*, trad. de Jourdan, t. IX, p. 303 et suiv.
(3) Mueller's *Archiv*, p. 1. 1836.

digestif spécial. Blondlot (1) admet, comme résultat de ses expériences, que la muqueuse stomacale jouit seule de la propriété chymifiante. Frerichs (2) est arrivé à la même conclusion. Les cubes d'albumine qu'il avait mis en contact avec la membrane muqueuse de l'estomac étaient dissous, tandis que ceux qui étaient mis en contact avec d'autres muqueuses ne subissaient aucun changement ou n'étaient que faiblement ramollis. Dans la plupart des cas, il trouva que la membrane interne de l'intestin grêle l'emportait un peu sur les autres muqueuses, mais que l'action de la muqueuse de la trachée ou de la vessie était tout à fait nulle.

Dans le but de nous fixer sur ce point controversé, nous fîmes aussi des expériences comparatives sur les diverses portions du canal intestinal du lapin, du chien, du mouton, et nous reconnûmes que les cubes d'albumine coagulée, mis en contact avec l'infusion acidulée de la membrane interne de l'estomac, furent seuls digérés. Nous parvînmes à peine à obtenir un ramollissement partiel des cubes albumineux plongés dans les infusions de la muqueuse intestinale.

Il résulte de ces faits qu'il existe, dans la muqueuse stomacale, un principe doué d'une action toute particulière sur les matières albuminoïdes.

Si ce principe est inhérent à la membrane muqueuse de l'estomac, est-il possible de l'en isoler par des procédés chimiques?

Schwann, qui le premier s'est posé cette question, a donné au principe dont il s'agit le nom de *pepsine* (3). Mais c'est Wasmann (4) qui, le premier, a réussi a isoler, dans une infusion de la muqueuse de l'estomac, une matière particulière, possédant à un haut degré la propriété digestive.

Wasmann, à cet effet, procède de la manière suivante : Après avoir enlevé la membrane muqueuse stomacale du porc, il la lave, puis la fait digérer, dans l'eau distillée, à la température de 30 à 35 degrés centigrades. Après quelques heures, il décante et jette le liquide. Il lave de nouveau la membrane, puis la plonge dans de l'eau froide et l'y abandonne jusqu'à ce qu'il se manifeste une odeur putride. Alors il filtre la liqueur ; celle-ci, transparente et un peu visqueuse, est aussitôt précipitée par l'acétate de plomb. Le précipité est lavé, délayé dans l'eau, puis décomposé à l'aide d'un courant de gaz sulfhydrique. La liqueur filtrée est ensuite évaporée, au bain-marie, jusqu'à consistance sirupeuse. Enfin Wasmann y verse de l'alcool et obtient un précipité blanc, abondant, qu'il suppose être de la pepsine pure. Cette matière, il est vrai, possède la propriété de coaguler le lait (propriété, d'après Schwann, caractéristique du principe digestif), et, une fois dissoute dans l'eau *acidulée*, dans la proportion de 1/6000, elle digère énergiquement les substances albuminoïdes.

Peu de temps après Wasmann, des expériences analogues furent faites par Pappenheim, Valentin et Elsässer. Elles démontrent que l'eau retient toujours beaucoup de particules putréfiées et digérées de la substance même de l'estomac qui peuvent se précipiter avec la pepsine; que d'autres molécules organiques, faisant parties constituantes du mucus gastrique et non douées de la faculté digestive, peuvent également s'y mêler : en sorte que, loin d'être assuré d'avoir obtenu ainsi une pepsine véritablement pure, on ne saurait voir là qu'un mélange très hétérogène. Selon Lehmann, au lieu de la muqueuse entière, si l'on n'emploie que le

(1) *Traité analytique de la digestion*, p. 371.
(2) *Ouv. cit.*, t. III, p. 795.
(3) De πέψις, coction. — Synonymie : *Gastérase*, *chymosine*.
(4) *De digestione nonnulla*, etc. Berolini, 1839.

produit obtenu en la raclant, on diminue la quantité des substances accessoires, mais on ne les élimine pas complétement.

La *chymosine*, obtenue par Deschamps (d'Avallon) (1) en traitant la présure par l'ammoniaque, est identique avec la pepsine.

On obtient la pepsine beaucoup plus pure, si, comme l'a proposé Payen (2), on l'extrait du suc gastrique lui-même au moyen de l'alcool. Dans ce but, on filtre le suc gastrique, puis on le traite par dix ou douze fois son volume d'alcool rectifié. La pepsine ou *gastérase*, comme Payen l'appelle, se précipite sous la forme d'une matière floconneuse qui, desséchée, donne, en pepsine brute, un poids équivalent à peu près à *un millième* du suc gastrique employé. On augmente son énergie en la purifiant une seconde fois : à cet effet, on la redissout dans l'eau et on la précipite de nouveau par l'alcool.

Préparée à l'aide de ce procédé, la pepsine ne contient plus aucune parcelle des membranes stomacales, mais elle peut renfermer encore de l'albuminose qui, comme produit de la digestion, se trouvait mêlée au suc gastrique. On peut aussi y rencontrer de la ptyaline.

Pour que ces matières étrangères soient à peine entraînées dans le précipité, Frerichs conseille de n'employer qu'une petite quantité d'alcool anhydre : s'il est vrai qu'alors la pepsine n'est pas précipitée dans sa totalité, du moins la quantité qu'on en obtient est beaucoup plus pure.

Quant à Schmidt, il neutralise d'abord le suc gastrique avec l'eau de chaux, puis, après avoir précipité le phosphate de chaux, il filtre ce liquide et le concentre jusqu'à consistance presque sirupeuse. Alors il ajoute de l'alcool pur, qui dissout du chlorure de chaux et précipite la pepsine avec un peu de ce chlorure. Redissous dans l'eau, ce précipité donne avec le bichlorure de mercure un autre précipité floconneux qui contient encore des traces de chaux, mais dont l'analyse peut néamoins, selon Schmidt, donner une idée de la constitution élémentaire de la matière organique du suc gastrique (*pepsine*). Cent parties de cette matière seraient représentées par : 53,0 de carbone; 6,7 d'hydrogène; 17,8 d'azote et 22,5 d'oxygène.

Vogel (3) avait aussi donné une analyse de la pepsine obtenue par la méthode de Wasmann. L'imperfection du procédé ôte à cette analyse toute valeur scientifique.

La *pepsine*, matière azotée qui appartient à la grande division des corps albuminoïdes, et dont il nous faudra rechercher tout à l'heure le mode d'action, offre les caractères suivants :

Desséchée en couches minces sur une lame de verre, elle se présente sous la forme de petites écailles translucides, légèrement grisâtres, douées d'une saveur un peu piquante, très solubles dans l'eau acidulée, assez solubles dans l'eau pure ou dans l'alcool faible, mais complétement insolubles dans l'alcool anhydre. Précipitée de ses dissolutions à l'aide de ce dernier réactif, la pepsine se redissout dans l'eau, ce qui n'a jamais lieu pour l'albumine, avec laquelle elle a pourtant plusieurs caractères de ressemblance. Quoique la solution aqueuse de pepsine ne se coagule point par la chaleur, comme le fait la solution d'albumine, elle n'en perd

(1) *Journal de pharmacie*, 1840, p. 416.
(2) *Comptes rendus de l'Acad. des sciences de Paris*, 1843, p. 654.
(3) *Münchener gelehrte Anzeigen ;* mai 1842.

pas moins toutes ses propriétés quand elle a été chauffée entre 70 et 80 degrés centigrades. Ajoutons qu'elle ne se trouble point par les acides, et que, si le tannin, la créosote la précipitent et abolissent en même temps son pouvoir spécial, un grand nombre de sels métalliques (bichlorure de mercure, acétate de plomb, etc.) la précipitent également, mais sans lui faire rien perdre de son activité, qui ne s'exerce que sur les aliments albuminoïdes et pas du tout sur les amylacés.

Un des caractères les plus importants de la pepsine, qui sert à la distinguer de toutes les autres matières organiques (de la matière active de la salive ou *diastase*, en particulier), consiste à pouvoir coaguler le lait sans l'intervention d'un acide (1). Mais ce qu'il ne faut pas oublier ici, c'est que, sans cette intervention, la pepsine ne saurait plus exercer son influence transformatrice sur les aliments azotés. La pepsine perd, en effet, son pouvoir particulier si l'on sature l'acidité du suc gastrique par un alcali; et déjà aussi nous avons vu qu'on ne pouvait point attribuer à l'acide *seul* la propriété digestive. Celle-ci a donc pour condition nécessaire l'action simultanée de deux agents (*pepsine* et *acide*).

En terminant, rappelons l'opinion qui voudrait attribuer un seul et même principe actif aux divers fluides digestifs : elle consiste à croire qu'en acidifiant ceux de ces fluides qui sont naturellement alcalins, on intervertit leur mode ordinaire d'action, et qu'on leur donne la faculté de digérer la viande et les autres substances azotées, tandis qu'on leur fait perdre celle de transformer l'amidon en sucre. Cette opinion n'a pas été confirmée par l'expérimentation directe. Déjà, du reste, nous avons prouvé (*voir p.* 172 *et suiv.*) que la salive continue à transformer l'amidon dans un milieu acide, et que, quand bien même ce liquide est acidifié, jamais il n'accomplit la transformation physiologique ni de la viande, ni de ses congénères.

VIII. Sachant que la *pepsine* et un *acide* dissous dans l'*eau* représentent les éléments indispensables à la constitution du suc gastrique, cherchons à la fois à nous rendre compte du mode général d'action de ce dernier fluide et à déterminer le rôle propre à chacun de ses principes essentiels.

Si, par suite de la dissolution des substances albuminoïdes, l'acide et la pepsine ne subissaient aucun changement, quelle que fût la quantité de matière digérée, et qu'ainsi le suc gastrique agît seulement par *contact*, c'est-à-dire par le seul fait de sa présence et non par affinité, son action rentrerait dans les phénomènes que Berzelius nomme *catalytiques*. Mais si, au contraire, après avoir dissous une quantité variable de matière alimentaire, le suc gastrique est lui-même altéré, soit dans ses réactions, soit dans sa puissance digestive, son mode d'action ne peut s'expliquer que de deux manières : ou bien ce fluide contient un *ferment*, c'est-à-dire un corps *altérable* au sein duquel on suppose un certain mouvement moléculaire qu'il communique à la substance qui l'entoure et qui y serait accessible; ou bien encore, agissant d'après les lois de l'affinité chimique, il constitue dans son ensemble un corps complexe jouant, par exemple, le rôle d'un acide qui forme des sels solubles avec les corps albuminoïdes.

Vogel (2) avait avancé que l'activité du suc gastrique était inaltérable et que, par conséquent, son pouvoir digestif était illimité, indéfini. Cette assertion n'est fondée que sur des expériences incomplètes et trop peu nombreuses, qui tendent à établir

(1) SCHWANN, *Ueber das Wesen des Verdauungsprocesses*, dans MUELLER'S *Archiv*, 1836.
(2) *Loc. cit.*

qu'après la digestion d'une notable quantité de viande, l'acétate de plomb précipite encore autant ou presque autant de la matière active du suc gastrique (*pepsine*) qu'avant la digestion : ainsi, avant la digestion, le précipité était de 2,00; après la digestion, il était de 1,98. Au contraire, tous les autres expérimentateurs admettent qu'une certaine quantité de suc gastrique ne peut dissoudre qu'une quantité déterminée d'aliments albuminoïdes. Beaumont reconnaissait déjà que l'activité du suc gastrique peut être épuisée. Schwann et Frerichs ont trouvé que 1 atome de pepsine est saturé par environ 100 atomes d'albumine. D'après Lehmann (1), 100 grammes de suc gastrique naturel du chien ne dissolvent que 5 grammes d'albumine cuite, et les résultats de Schmidt et Bidder donnent encore un chiffre inférieur.

Ce n'est pas seulement l'activité propre du suc gastrique qui paraît s'altérer par le fait de la digestion, mais bien l'agent digestif lui-même : aussi Pappenheim (2) assure-t-il avoir trouvé qu'après la digestion accomplie, l'azotate de mercure ne révèle plus la présence de la *pepsine*, tout en étant un des réactifs les plus sensibles de cette substance. Mais si, en effet, le suc gastrique s'altère par la digestion, on ne saurait pourtant non plus admettre que cet acte soit régi par les lois ordinaires de l'affinité chimique : ne savons-nous pas déjà que la quantité de pepsine et d'acide, servant à la dissolution des aliments albuminoïdes, est dans une proportion si minime qu'elle diffère absolument des proportions que réclament les affinités chimiques pour la combinaison des différents éléments ? Il y a d'ailleurs une telle différence entre le produit de la digestion et les corps albuminoïdes primitifs, qu'on ne saurait méconnaître là des modifications moléculaires spéciales, une véritable transformation isomérique.

Si l'on ne peut faire rentrer le mode d'action de la pepsine dans ces phénomènes qu'on a appelés *effets de contact* (*catalyse*), ni voir en lui une réaction chimique ordinaire, on est conduit à le rapprocher d'autres phénomènes encore incomplétement expliqués et qu'on désigne sous le nom de *fermentation* : la pepsine semble, en effet, appartenir à la classe des ferments. On sait que ces corps s'altèrent en agissant et finissent par devenir inactifs, tandis que dans les phénomènes de contact ou catalyses l'agent reste inaltéré et son activité est constante : or, on ne parvient plus à isoler la pepsine après qu'elle a agi sur une quantité suffisante d'aliments azotés, ce qui tend à faire admettre qu'elle a dû s'altérer, à l'instar des ferments, et, par cela même, changer de nature.

Du reste, malgré l'analyse que nous en avons rapportée plus haut, la pepsine, substance quaternaire, offre une composition qui n'a jamais pu être définitivement fixée. Est-ce faute d'avoir examiné de la pepsine pure, ou bien est-ce que, par sa nature même, cette matière est variable? Toujours est-il que, jusqu'à présent, sa constitution chimique est aussi mystérieuse que son mode d'action.

On a tenté de déterminer, d'une manière précise, le *rôle de l'acide* du suc gastrique dans la digestion, et Schwann (3) a pris le soin de réfuter quelques-unes des hypothèses qui se sont présentées à son esprit ou qui ont été émises par d'autres auteurs.

L'acide est-il destiné à dissoudre le principe digestif ou pepsine ? Schwann

(1) *Ouv. cit.*, t. II, p. 50; t. III, p. 329.
(2) *Ouv. cit.*
(3) MÜLLER'S *Archiv*, 1836, p. 94.

répond négativement. « Si, dit-il, dans un mélange digestif convenablement acidulé, je neutralise avec du carbonate de potasse la moitié de l'acide, la moitié du principe digestif devrait rester en solution et en pleine activité. Or il arrive, au contraire, que la force digestive n'a pas seulement diminué de moitié, mais qu'elle a complétement disparu. D'ailleurs le principe digestif ou pepsine est soluble dans l'eau distillée sans acide (*). »

L'élément actif qui opère la digestion des albuminoïdes est-il une combinaison de l'acide et de la pepsine, rappelant celle des acides avec les bases dans la formation des sels, et exigeant des proportions définies ? Non, répond encore le même auteur, parce que la proportion d'acide nécessaire pour la digestion se mesure sur la quantité d'eau, et non sur la quantité de pepsine. Un autre argument serait celui-ci : suivant la nature de l'excitant, il y a prédominance dans le suc gastrique tantôt de la sécrétion acide et tantôt de la pepsine (L. Corvisart).

L'acide sert-il à tenir en *dissolution* le produit de la digestion des matières azotées ? Non plus : car, s'il en était ainsi, la quantité d'acide ne devrait pas être en proportion de l'eau, mais en proportion du corps digéré. D'ailleurs le produit en question (albuminose ou peptone) est soluble dans l'eau pure, et s'il reste un résidu, celui-ci se compose principalement de quelques sels calcaires.

On s'est encore demandé si l'acide n'est pas destiné à entrer dans la *composition* même du produit qui se forme peu à peu durant la digestion (albuminose ou peptone). Dans ce cas, dit Schwann, la quantité d'acide libre devrait diminuer par suite du travail digestif. Or, dans une expérience qu'il fit pour résoudre cette question, il trouva que l'acide, après la digestion de 3 gr. 90 d'albumine, demandait, pour sa saturation, tout autant de carbonate de potasse qu'avant la digestion. Frerichs est arrivé au même résultat; mais il semble ne pas regarder cette expérience comme suffisamment concluante. Schmidt aussi avait déjà émis des doutes sur la valeur des preuves qui reposent sur la quantité de base nécessaire pour la neutralisation avant et après la digestion.

On sait que l'albuminose ou la peptone liquide a une réaction acide : si l'acide du suc gastrique, qui entrerait dans sa composition, n'était que faiblement uni aux matières organiques, il est clair que la potasse pourrait, en le saturant, en séparer l'albuminose, et qu'alors le liquide demanderait, pour être neutralisé, autant de base qu'avant la formation de l'albuminose. Il résulte, au contraire, des recherches d'un grand nombre de physiologistes qu'un liquide digestif, dont la puissance est épuisée parce qu'il a dissous son contingent d'albumine, recouvre la faculté digestive si l'on y ajoute encore quelques gouttes d'acide ; comme si l'acide primitif avait été altéré.

Si, d'après ces faits, il n'est pas permis de nier que l'acide fasse partie du produit albuminoïde de la digestion, on peut néanmoins affirmer que tel n'est pas son rôle principal et essentiel. Ne se rappelle-t-on pas que, d'après Schwann, la quantité nécessaire de l'acide se mesure sur la quantité d'eau et non sur la quantité de matière à digérer? Si l'acide ne devait entrer qu'en proportion minime dans la composition de l'albuminose, il serait difficile de comprendre pourquoi, afin que la digestion s'effectue, il faut que cet acide soit relativement si abondant; pourquoi, avec la moitié d'acide, il ne se forme pas moitié moins d'albuminose, etc.

(*) On sait néanmoins que la pepsine est plus soluble dans l'eau acidulée que dans l'eau pure, et il n'est pas absolument démontré qu'en neutralisant la moitié de l'acide du suc gastrique on annihile complétement l'action de la pepsine.

D'un autre côté, on a attribué à l'acide du suc gastrique le rôle d'*agent préparateur* pour la liquéfaction des aliments azotés. Cette opinion, qui compte des partisans, surtout en France, a été énoncée en ces termes par J. Dumas (1) : « Dans le suc gastrique il y a deux agents : l'*acide*, qui ramollit et gonfle la matière azotée; la *pepsine* ou la chymosine, qui en détermine la liquéfaction, par un phénomène analogue à celui de la *diastase* sur l'amidon. »

Les acides gastriques, dit aussi Mialhe (2), ne sont nullement destinés à dissoudre les aliments azotés; ils ne servent qu'à les gonfler, les diviser, ou pour mieux dire à les hydrater. A l'appui de cette assertion, il cite les expériences suivantes : 1° un gramme de fibrine pure est mis à digérer, à la température de 35 à 40 degrés, dans 20 grammes d'eau acidulée par un demi-millième d'acide chlorhydrique concentré; puis, quand la fibrine est entièrement gonflée, on sature atomiquement, avec le carbonate de soude, la proportion d'acide chlorhydrique contenue dans les 20 grammes de liquide, et l'on ajoute deux centigrammes de pepsine pure dissoute dans quelques gouttes d'eau. Alors on constate que la fluidification de la fibrine est tout aussi prompte et aussi parfaite que dans une autre expérience comparative faite avec du suc gastrique artificiel. 2° Le même expérimentateur broie, avec un peu d'eau distillée, pendant une demi-heure au moins, un gramme de fibrine qu'il plonge ensuite dans 10 grammes d'eau distillée additionnée de 2 centigrammes de pepsine, puis il abandonne ce mélange à la température de + 35 à 40 degrés centigrades : au bout de six heures, la proportion de fibrine dissoute est déjà manifeste, au dire de Mialhe, et, après douze heures elle est très marquée, quoique bien inférieure à ce qu'elle eût été si la présence d'un acide fût intervenue dans la réaction.

Regardant la première de ces deux expériences comme assez concluante pour établir que le rôle de l'acide est de préparer la matière alimentaire à se liquéfier, P. Bérard (3) n'accorde que peu de valeur à la seconde. « Si, dit-il, on considère qu'il ne s'agissait, dans cette expérience, que d'un gramme de fibrine, et qu'au bout de 12 heures tout n'était pas dissous, on sera forcé de reconnaître que la division mécanique de la matière animale ne peut pas suppléer l'acide. J'ajouterai que cette matière animale, fût-elle diffluente, il faudrait encore qu'elle eût éprouvé l'action d'un acide pour être digérée par la pepsine. S'il en était autrement, on pourrait opérer la digestion de l'albumine liquide et même celle du lait avec le principe digestif seul (*pepsine*), sans action préliminaire ou concomitante de l'acide; ce qui n'a certainement pas lieu. Ainsi, en reconnaissant que l'action de l'acide consiste à ramollir, gonfler, hydrater, raréfier et quelquefois même dissoudre préalablement les substances organiques pour les préparer à recevoir l'influence du principe digestif, j'ajoute que si ces substances venaient à être gonflées, hydratées, ramollies ou dissoutes par un autre agent qu'un acide dilué, elles n'auraient pas encore acquis la condition requise pour être digérées. » Nous ajouterons qu'il y a des espèces de fibrine, qui, à la température de 30 à 40 degrés centigrades, se dissolvent légèrement dans l'eau renfermant une faible proportion de certains sels (4). Or, assurément, la pepsine, dans la deuxième expérience, n'était point absolument exempte des sels du suc gastrique.

(1) *Traité de chimie*, t. VI, p. 380.
(2) *Mém. cit.*, p. 26.
(3) *Cours de Physiologie*, t. II, p. 145.
(4) Par exemple, le chlorhydrate d'ammoniaque, d'après ARNOLD et HUNEFELD, a la propriété d'aider à la dissolution de la fibrine.

L'auteur du passage qui vient d'être cité croit devoir admettre, outre l'action *gonflante* de l'acide, une autre action spéciale qu'il ne saurait définir. Analysons, à notre tour, la première de ces expériences de Mialhe. Cet observateur met en contact avec l'acide la fibrine qui se gonfle, puis il neutralise le liquide. Mais, dans ce cas, l'acide, à la faveur du gonflement même de la fibrine, a dû tellement la pénétrer, qu'en neutralisant le liquide dans lequel elle est plongée, on ne saurait agir sur toute cette portion de l'acide, qui est entrée profondément dans la fibrine et qui en est devenue en quelque sorte partie intime. En effet, si d'un liquide ainsi neutralisé on retire la fibrine gonflée et si on la divise dans son épaisseur, il est facile de constater qu'elle est encore pénétrée par l'acide qu'on en fait sortir par la pression. Aussi, lorsque, dans ces conditions, on ajoute de la pepsine, celle-ci peut-elle trouver, en pénétrant dans le tissu fibrineux, encore assez d'acide pour qu'il en résulte un suc gastrique artificiel. D'un autre côté, si l'on divise en parcelles la fibrine gonflée, et si on la lave jusqu'à ce qu'elle ne soit plus acide, ces parcelles deviennent, il est vrai, plus denses, mais alors aussi la pepsine qu'on ajoute est incapable de les digérer.

Ainsi, la théorie précédente, qui se fonderait sur l'action, non pas simultanée mais successive, de deux agents digestifs, dont l'un mettrait la substance alimentaire dans un état tel que l'autre puisse l'attaquer et consécutivement la fluidifier en la métamorphosant ; cette théorie, dis-je, ne nous paraît point admissible même pour la fibrine, et, pour les autres matières azotées, elle serait encore moins facile à défendre.

Dans notre opinion, le rôle de l'acide ne peut être seulement un rôle préparatoire et isolé, il ne saurait être distrait de celui de la pepsine : sans l'acide, la pepsine est inerte, et, dans la *digestion* des substances azotées, l'acide n'agit lui-même qu'avec la pepsine ; de leur réunion seulement résulte le *ferment gastrique* complet (*).

Évidemment, ce qui précède ne s'applique qu'aux corps albuminoïdes ; car, pour un autre groupe de substances, l'action seule de l'*eau acidulée* pourrait être suffisante. C'est ainsi, par exemple, que les sels terreux et métalliques (de chaux, de magnésie, de fer, etc.), si importants dans la nutrition, et qui arrivent dans l'estomac avec les principes azotés, sont manifestement solubles dans l'acide ; il en est de même d'autres sels qui, il est vrai, se dissolvent aussi dans l'eau pure et qui sont habituellement introduits dans l'estomac, tels que ceux de potasse et de soude.

IX. Il nous reste à rechercher si les éléments essentiels du suc gastrique sont les mêmes chez les carnivores et chez les herbivores. Stevens (1) avait nié que les herbivores pussent digérer la viande ; mais ses expériences étaient loin d'être concluantes. On sait aujourd'hui que la *pepsine*, obtenue avec l'estomac du chien, du chat, du cochon, du veau, du mouton, du lapin, de l'oie, des gallinacés, de la grenouille, de l'écrevisse, etc., digère, quand elle est *acidifiée*, la viande et ses

(1) *Ouv. cit.*, expér. 20 et 22.

(*) Ne pourrait-on pas se demander si, dans les phénomènes complexes de la digestion des substances albuminoïdes, tous les modes de transformation chimique ne se manifesteraient pas concurremment, et si, par exemple, l'acide ne jouirait pas d'une puissance catalytique qui permettrait à la pepsine de produire l'effet d'un ferment ?

congénères. On sait aussi, et l'expérience l'a démontré bien des fois, que l'on peut nourrir un carnassier exclusivement de végétaux, ou un herbivore seulement de viande. Il est, d'ailleurs, des animaux qui, carnassiers dans le premier âge, deviennent ensuite herbivores; l'inverse a aussi lieu. Beaucoup d'oiseaux insectivores se nourrissent pendant l'hiver presque exclusivement de semences. Rappelons enfin que, même pour les végétaux, leurs *éléments albuminoïdes* sont les seuls digérés par l'estomac et nous arriverons ainsi à admettre essentiellement le même menstrue dans l'estomac des herbivores et dans celui des carnivores.

Seulement il faut savoir que le suc gastrique des uns et des autres ne jouit pas, au même degré, du pouvoir de digérer la viande et l'albumine; qu'ainsi, sous ce rapport, le suc gastrique naturel des carnivores l'emporte sur celui des herbivores, comme l'ont démontré surtout les expériences comparatives de Bidder et Schmidt (1) sur des moutons, des chiens, et sur une femme atteinte de fistule gastrique. Cette différence d'énergie digestive, généralement admise aujourd'hui par les physiologistes, est rapportée à la quantité différente de *pepsine* par les uns, et d'*acide* par les autres, mais non à une dissemblance dans la nature du vrai ferment gastrique qui se compose de pepsine et d'acide.

Assurément, la quantité de pepsine, contenue dans le suc gastrique, est loin d'avoir été déterminée par les chimistes d'une manière assez précise pour qu'on soit autorisé à attribuer la plus grande puissance digestive d'un suc gastrique *seulement* à une plus forte proportion de pepsine.

Sous le rapport quantitatif, il existerait plus de données relativement à l'acide. D'après Schmidt, 100 grammes de suc gastrique de chien digèrent 2^{gr},20 d'albumine, tandis que 100 grammes de suc gastrique de mouton digèrent seulement 0^{gr},54 du même principe; quant au suc gastrique de l'homme, il ne dissout qu'en cinq heures la quantité d'albumine concrète qui est dissoute en deux heures par le suc gastrique du chien. Or, il résulte de deux analyses de Schmidt, publiées par E. Schrœder (2), que 1000 parties de suc gastrique humain renfermaient seulement 0^{gr},200 d'*acide* (*), alors que 1000 parties de suc gastrique de chien en contiennent 2,337, et même 3,050 si ce fluide est recueilli après la ligature des conduits salivaires. On pourrait donc être porté à conclure, d'après ces résultats, qu'ici toute la différence dans l'activité digestive pour les matières albuminoïdes doit dépendre des proportions variables de l'acide : alors on rappellerait que le suc gastrique *artificiel* des herbivores (3) peut acquérir cette sorte d'activité au même degré que le suc gastrique *naturel* des carnivores, ou même la surpasser, et l'on expliquerait cette substitution de puissance digestive simplement par un surplus d'acide qu'aurait ajouté l'expérimentateur au suc artificiel de l'herbivore.

Mais, à notre sens, une pareille conclusion ne serait pas légitime. D'après Schmidt lui-même, la quantité d'acide gastrique est bien plus grande chez le mouton que chez l'homme : sur 1000 parties de suc gastrique, elle est en moyenne de 0,999 à 1,469 chez le premier, et seulement de 0,200 chez le second. Or,

(1) *Verdauungssäfte und der Stoffwechsel*, p. 88-90. Leipzig, 1852. — SCHROEDER et GRUENEWALDT, *Thèses citées*; Dorpat, 1853.

(2) *Succi gastrici humani vis digestiva*, p. 36; Dorpat, novembre 1853.

(*) On a vu plus haut, p. 201, que, suivant SCHMIDT, l'acidité du suc gastrique est due à de l'acide chlorhydrique libre.

(3) Préparé à l'aide de la pepsine et des acides chlorhydrique ou lactique.

puisqu'il est reconnu que le pouvoir de digérer la viande et l'albumine est plus prononcé dans le suc gastrique de l'homme que dans celui du mouton, on ne saurait donc faire dépendre ici la différence du pouvoir digestif *seulement* des proportions de l'acide, pas plus qu'on ne serait autorisé à l'attribuer *exclusivement* à des variations dans la quantité de pepsine. C'est qu'en effet, nous le répétons, le véritable ferment gastrique, c'est-à-dire celui qui fluidifie l'aliment azoté en le transformant, ne peut résulter que de l'union de l'acide avec la pepsine, et par conséquent ne peut aussi produire des effets réellement digestifs, avec leurs variations en plus ou en moins, qu'à la condition que l'un et l'autre élément se trouvent dans certains rapports ; rapports d'ailleurs aussi inconnus des chimistes que des physiologistes auxquels il arrive, en préparant du suc gastrique *artificiel* d'herbivore, d'obtenir, sans pouvoir bien s'en rendre compte, un liquide digestif plus actif que le suc gastrique *naturel* de carnassier.

X. Il est diverses conditions qui sont nécessaires à l'accomplissement de la digestion naturelle ou artificielle, conditions qu'il importe de signaler tout en mentionnant aussi les modifications que certaines influences peuvent imprimer à cet acte. Plusieurs détails précédemment exposés nous permettront d'être court dans ceux qui vont fixer notre attention.

Des expérences nombreuses ont prouvé que, si l'intervention *acide* est indispensable, néanmoins on peut remplacer l'acide supposé propre au suc gastrique (*ac. chlorhydrique*, *ac. lactique*, etc.), par tout autre acide connu. Cependant Valentin (1) penche à croire que l'acide benzoïque fait exception. Si, dans le suc gastrique naturel, l'acide chlorhydrique existe réellement avec cette modification désignée plus haut sous le nom d'*acide chlorhydropeptique*, les divers acides qu'on peut ajouter à une solution de *pepsine*, tout en n'entrant pas dans une semblable combinaison avec cette matière organique, n'en ont pas moins une influence active sur la digestion. On a avancé, il est vrai, que, dans le suc gastrique artificiel, l'acide chlorhydrique est beaucoup plus puissant que les autres acides ; mais nos propres recherches et celles d'autres expérimentateurs sont loin d'avoir établi cette différence d'une manière aussi tranchée.

D'après Valentin (2), le chlorhydrate d'ammoniaque, sel qui possède une réaction acide et dont la présence a été signalée dans le suc gastrique, ne saurait remplacer la portion d'acide que cet auteur admet comme libre dans le suc gastrique naturel. L'analogie porte à croire que les autres sels, qui rougissent aussi le tournesol, ne peuvent pas, comme les acides, servir pour préparer un suc digestif artificiel avec la pepsine.

Une quantité un peu trop faible d'acide ralentit le travail digestif ; mais si la proportion d'acide est trop élevée, la digestion artificielle s'arrête entièrement. Ces faits sont connus de tous les physiologistes.

Quand le suc gastrique artificiel est comme neutralisé par une trop grande quantité de matières albuminoïdes, on arrive le plus souvent à lui rendre son activité en ajoutant quelques gouttes d'acide : alors la réaction acide du mélange

(1) Froriep's *Notizen*, etc., t. L, p. 211.
(2) *Loc. cit.*

peut même devenir assez prononcée pour que, si elle eût été telle dès le commencement de l'expérience, elle eût rendu la digestion impossible. Nous avons donné antérieurement l'explication de ce phénomène.

Le thermomètre, qu'on introduit dans l'estomac, s'élève ordinairement à 38 ou 40 degrés centigrades : c'est à cette *température* qu'il faut porter le suc gastrique dans les expériences de digestion artificielle. Beaumont a vu que, si l'exercice et le mouvement du corps font monter la température de l'intérieur de l'estomac d'un degré à un degré et demi, le travail même de la digestion ne la modifie point. Cette dernière observation, d'abord faite sur l'homme, a été, depuis, fréquemment répétée sur le chien.

Lorsqu'on élève la température du suc gastrique jusqu'à 50 degrés centigrades, la digestion artificielle se ralentit, et, au-dessus de 50 degrés, ce ralentissement devient encore plus manifeste. Après plus d'une heure, on peut restituer à ce fluide son activité primitive en le ramenant à la température normale. Mais, quand on le chauffe jusqu'à près de 100 degrés, son pouvoir spécial est irrévocablement anéanti. Blondlot, et après lui d'autres observateurs, ont vu, au contraire, que l'on peut faire congeler le suc gastrique, sans lui faire perdre sa faculté digestive, qui redevient entière à + 38 degrés centigrades.

Si la matière albuminoïde et le suc gastrique, mis en présence, offrent une température inférieure à 38 degrés, le travail digestif marche avec lenteur : à + 12 ou 13 degrés, nous avons vu, comme Blondlot, que la digestion s'opérait encore, mais qu'alors il fallait, pour ainsi dire, autant de jours qu'il fallait d'heures avec la chaleur normale. A + 6 degrés, l'action du suc gastrique sur la viande nous a paru nulle. Spallanzani croyait que déjà à + 12 degrés l'action de ce liquide ne différait plus de celle de l'eau, et il rapportait à l'influence de la température la lenteur extrême de la digestion chez les serpents. Il ne semble pas, du reste, que cette singularité doive être rapportée à une constitution du suc gastrique particulière à ces animaux.

Quant aux *mouvements de l'estomac*, sans admettre, avec les iatro-mécaniciens, que la digestion stomacale consiste essentiellement dans une attrition, une trituration des aliments, toujours est-il qu'il faut reconnaître que, si chez l'homme et les animaux supérieurs l'estomac offre des parois trop minces pour produire ce résultat, les mouvements de ce viscère sont indispensables pour une *complète* chymification, et que cette opération s'en trouve notablement accélérée. En effet, alternativement resserré dans un point et renflé dans un autre, l'estomac déplace les matières contenues dans son intérieur, les brasse, les mélange avec le suc gastrique et les désagrége ainsi de plus en plus, de manière que la chymification n'a pas lieu seulement au contact de l'aliment avec la membrane muqueuse, mais bien dans toute la masse alimentaire. D'ailleurs les mouvements de l'estomac, favorables à sa circulation artérielle, activent aussi la sécrétion du suc gastrique, à cause du frottement répété qu'ils occasionnent entre la masse alimentaire et la muqueuse de cet organe. N'obtient-on pas de même une abondante sécrétion de salive en se bornant à passer légèrement la pointe de la langue à l'intérieur des lèvres et des joues ? L'expérimentation directe a démontré quelle grave atteinte la digestion naturelle éprouve après la suppression des mouvements gastriques chez l'animal vivant; et, dans toutes les digestions artificielles que j'ai faites, j'ai pu constater

que la dissolution ou plutôt la transformation des matières albuminoïdes s'était accomplie bien plus rapidement dans les flacons qui avaient été agités d'une manière presque continuelle que dans ceux qu'on avait laissés en repos.

Toutefois, cette agitation répétée du mélange ne peut suppléer l'action continue des parois stomacales : il est, en effet, une circonstance qui, dans la digestion naturelle, favorise notablement ce travail, c'est la résorption continuelle du liquide chargé du principe digéré, pendant que le suc gastrique lui-même ne cesse de se renouveler. Dans la digestion artificielle, au contraire, l'énergie de ce dernier fluide s'affaiblit de plus en plus, à mesure qu'il se charge davantage des matières qu'il a dissoutes.

S'il n'est pas prouvé que l'*air atmosphérique* favorise la digestion, il n'est pas non plus établi, suivant nous, que son contact, renouvelé pendant l'accomplissement de cet acte, puisse affaiblir le pouvoir du suc gastrique. Tout porte à croire qu'ici l'air n'intervient point par ses éléments.

Dans certaines conditions morbides, la *bile* peut refluer dans l'estomac : mais loin de favoriser la digestion, comme divers auteurs l'avaient cru, nous savons par les expériences de Purkinje et Pappenheim, confirmées par celles de Valentin et de Schmidt, que la bile anéantit complétement l'action de ce viscère, et aussi qu'elle interrompt la digestion artificielle lors même qu'on l'ajoute en proportion insuffisante pour neutraliser l'acidité du suc gastrique : suivant Pappenheim, ce serait à la matière résineuse de la bile qu'il faudrait attribuer cette influence neutralisante sur la digestion stomacale. Après cela, que penser de l'assertion de quelques anciens anatomistes qui ont prétendu expliquer la voracité de certains individus par la présence de deux conduits biliaires, dont l'un aboutissait directement dans l'estomac?

W. Beaumont (1) dit avoir observé plusieurs fois la bonne influence d'un *exercice modéré* sur la digestion : élevant un peu la température de l'estomac, un pareil exercice doit, suivant lui, rendre plus prompt le travail digestif. Le mouvement communiqué serait également favorable à la digestion chez beaucoup de personnes; il semble pourtant avoir chez d'autres un effet contraire, tel que la perte de l'appétit pendant des voyages prolongés, en voiture, etc.

Des exercices violents, un travail manuel pénible, une course excessive troublent ou empêchent la digestion. On rapporte à ce sujet l'expérience suivante : deux chiens firent un même repas; l'un fut enfermé et l'autre conduit à la chasse, puis on les sacrifia tous deux à la même heure. Chez le premier, la digestion était complète; elle était très peu avancée chez le second (2).

Le repos et même le sommeil, après avoir mangé, favorisent la digestion chez les individus faibles ou chez ceux qui en ont fait une habitude. Beaucoup d'animaux se reposent pendant la digestion. Les jeunes enfants s'endorment presque toujours après leur repas.

Le repos, d'après l'exemple des animaux et de la plupart des hommes, nous paraît être l'état le plus favorable pour une complète digestion, quoique les expériences de Beaumont tendent à établir qu'elle est plus rapide pendant un exercice modéré. On peut croire qu'en effet la digestion est plus complète dans

(1) *Ouv. cit.*

(2) Hare, *A View of the Structure, Functions and Disorders of the Stomach*, p. 131; Londres, 1821.

repos, que la séparation des principes nutritifs se fait plus entière, tandis que la réduction des aliments en chyme, surtout pour les végétaux, serait plus rapide avec la légère élévation de température que produit un peu d'exercice. Mais la rapidité de la conversion des aliments en chyme est le plus souvent en raison inverse de leur véritable digestion dans l'estomac, et leur passage dans l'intestin en devient seulement plus prompt. Je tiens d'un observateur exact que, chez lui, le besoin de la défécation se fait sentir, après le repas, toujours beaucoup plus vite s'il marche que s'il reste en repos; or, la séparation des matières nutritives et leur absorption doivent être généralement d'autant plus complètes que les aliments séjournent plus longtemps dans l'appareil digestif.

XI. En cherchant, plus haut, à déterminer quels sont parmi les divers éléments du suc gastrique ceux qui peuvent être regardés comme *essentiels*, nous avons déjà mentionné plusieurs fois l'usage principal de ce fluide, qui se rapporte aux matières albuminoïdes. Aussi, maintenant, à propos de l'étude des modifications que peuvent subir les divers principes alimentaires dans l'estomac, nous occuperons-nous d'abord des *principes albuminoïdes* ou azotés.

Une pareille étude, quand on veut la faire directement dans l'estomac à l'aide d'une fistule préalablement établie, offre d'assez grandes difficultés, qu'on ne retrouve point dans les digestions artificielles se rapprochant le plus de la digestion naturelle; nous voulons parler de celles qu'on opère à l'aide du suc gastrique lui-même (1).

Dans l'opinion du plus grand nombre des observateurs modernes, le suc gastrique a pour usage non-seulement de dissoudre une très notable partie des matières albuminoïdes, mais encore de la métamorphoser en un produit final qui serait à peu près identique dans tous les cas. Il est pourtant quelques expérimentateurs qui, n'admettant ni la dissolution ni la transformation de ces substances, veulent que l'action du suc gastrique se borne à les désagréger, à les diviser extrêmement et à les réduire à l'état globulaire (Hoffmann, de Blondlot, etc.) (2). C'est une erreur facile à réfuter à l'aide des expériences les plus simples, et qui sera mise en évidence par les détails mêmes qui vont nous occuper. Notons seulement, tout d'abord, que le *poids* de matière transformée et dissoute que fournissent l'albumine et la fibrine, par exemple, après leur digestion dans le suc gastrique, démontre qu'il faut reconnaître à cet important fluide un tout autre pouvoir que celui de diviser seulement les aliments azotés ou bien de ne dissoudre que le tissu cellulaire ou gélatigène.

(1) Toutefois, il importe de rappeler que l'expérience a démontré que le *suc gastrique artificiel*, préparé avec de l'eau acidulée et de la pepsine provenant d'animaux carnivores ou herbivores (sauf le degré d'activité qui peut différer), a sensiblement les mêmes propriétés digestives que le *suc gastrique naturel :* aussi peut-on indifféremment avoir recours à l'un ou à l'autre. Dans nos propres expériences, nous n'avons préféré le dernier qu'afin d'éviter les objections des physiologistes qui ne partageraient pas notre manière de voir à cet égard.

(2) Récemment une opinion à peu près analogue a été émise, spécialement en ce qui concerne l'action du suc gastrique sur la viande : ce fluide se bornerait à produire le même effet qu'une cuisson prolongée dans l'eau bouillante, c'est-à-dire, après avoir dissous le tissu cellulaire intermédiaire, à dissocier les fibres primitives ou les particules de la viande dont la dissolution n'aurait pas lieu dans l'estomac. (*Leçons de physiologie appliquée à la médecine, faites au Collége de France pendant l'année* 1855, t. II, p. 417 et suiv.). Déjà Burdach (*Traité de physiologie*, trad. franç., t. IX, p. 273) admettait que, dans la viande, le tissu cellulaire se dissout le premier, d'où la désagrégation des fibres musculaires par le suc gastrique.

Quand, en se plaçant dans les conditions voulues, on soumet à l'action du suc gastrique un cube d'*albumine cuite*, après quelques heures on aperçoit que le liquide, d'abord clair, s'est troublé, et qu'en même temps ce cube est devenu un peu jaunâtre à sa surface. Bientôt ses angles, puis sa surface tout entière, prennent un aspect comme nacré, demi-transparent; déjà alors, en le touchant, on reconnaît qu'il est glissant comme du savon et qu'il laisse au doigt un léger enduit visqueux. Plus tard encore, les angles se transforment en une substance d'apparence caséeuse et pultacée qui, par le toucher ou l'agitation, se détache pour se diviser en une multitude de fines parcelles. Celles-ci, comme une poussière, troublent le liquide qui prend un aspect blanchâtre, et gagnent lentement le fond du vase. Quant à la partie centrale du cube, elle forme encore un noyau blanc et très résistant, qui n'est attaqué qu'avec lenteur, si de temps en temps on n'imprime quelque agitation au liquide. Enfin, sous l'influence prolongée du suc gastrique, la partie rendue pulpeuse *se dissout* tout entière et forme avec lui un liquide homogène.

W. Prout et W. Beaumont avaient pensé que l'*albumine crue* (à l'exemple de la caséine liquide), mise en contact avec le suc gastrique, se coagulait avant de se dissoudre : mais les expériences de Tiedemann et Gmelin infirment déjà cette opinion, et les résultats obtenus par Blondlot, Frerichs, par nous-même et d'autres expérimentateurs, prouvent que l'albumine liquide ne se coagule point avant de se transformer dans l'estomac. Il est vrai que l'albumine d'œuf, en présence du suc gastrique, se trouble légèrement et qu'elle acquiert une teinte laiteuse; mais cette teinte n'est due qu'à un grand nombre de particules membraneuses qui sont les débris du tissu aréolaire dans lequel l'albumine de l'œuf est renfermée. Il en est si bien ainsi, qu'elle manque quand on injecte dans la fistule gastrique, non de l'albumine d'œuf naturelle, mais une solution aqueuse filtrée de cette substance (Schiff) : le trouble dont il s'agit ne serait donc pas dû, comme dit Blondlot, à un précipité de phosphate neutre de chaux par l'action des sous-sels alcalins de l'albumine.

Il est une autre particularité de la digestion de l'albumine qu'il faut connaître : la réaction acide du suc gastrique perdant beaucoup de son intensité (ce qui est dû à l'alcalinité assez forte de l'albumine), il en résulte que, par cela seul, la digestion de ce principe est assez longue et incomplète. Il n'en est pas de même pour la *fibrine* qui a été parfaitement lavée : elle est neutre. Aussi, tout à l'heure, en parlant de l'albuminose, verrons-nous constamment une quantité donnée de suc gastrique naturel *dissoudre* une plus forte proportion de fibrine que d'albumine.

Du reste, l'albumine, ainsi digérée et dissoute par le suc gastrique, a perdu la faculté de se coaguler par les acides et par la chaleur; elle a subi une transformation isomérique.

Nous ne saurions admettre, avec divers observateurs, que l'albumine liquide puisse être absorbée dans l'estomac sans aucune transformation préalable. Mais nous ne sommes pas convaincu que toutes les espèces d'albumine liquide, injectées dans les veines, soient nécessairement excrétées avec l'urine : l'albumine du sang et l'albumine des exhalations séreuses, dans la pleurésie, l'ascite, etc., feraient exception, d'après les expériences de Schiff (1). Le même expérimentateur a injecté le sérum du sang de carnivores à des herbivores et réciproquement; et, da

(1) SCHIFF, *Archiv des Vereins für gemeinschaftliche Arbeiten*, t. II, 1855.

ces cas, il dit n'avoir jamais vu l'albumine passer dans les urines, comme le fait l'albumine de l'œuf. L'espèce d'albumine qui se trouve dans le sang n'aurait donc pas besoin, pour être assimilée, de l'action du suc gastrique, comme l'avancent d'autres expérimentateurs.

La *fibrine*, à plusieurs reprises, a déjà fixé notre attention, et nous avons fait connaître les caractères qui différencient sa solution dans les acides de sa dissolution transformatrice dans le suc gastrique. On sait que la fibrine extraite du sang est plus rapidement digérée que celle des muscles (*musculine* ou *syntonine*). Plongée dans le suc gastrique, la première se gonfle à peine d'abord, puis bientôt diminue en cédant des parcelles de sa substance, qui, par le repos, gagnent le fond du vase sous forme d'une poussière fine et grisâtre; la plus grande partie *se dissout*.

Quant à la *caséine liquide*, constamment elle se coagule d'abord par l'action du suc gastrique, puis elle finit par s'y dissoudre en notable quantité, et se comporte ultérieurement comme l'albumine cuite.

Le *gluten cru*, qui se dissout facilement dans les acides dilués, se digère aussi assez rapidement, de sorte que la couche pulpeuse qui recouvre les autres matières albuminoïdes, au commencement du travail digestif, n'existe ici qu'à un état presque rudimentaire, et se dissout avant d'avoir pu atteindre une certaine épaisseur. Comme aussi le gluten se ramollit par les acides avant de s'y dissoudre, on n'aperçoit dans ce corps, à l'état cru, aucune différence quand il a été soumis à l'action des acides ou bien à celle du suc gastrique. Blondlot (1) croit même que la digestion du gluten cru est simplement due à l'influence de l'acide du suc gastrique. Le *gluten cuit*, dans sa manière d'être avec le suc gastrique, rappelle l'albumine concrète.

Tiedemann et Gmelin, Blondlot, Frerichs, etc., ont vu la *gélatine* se dissoudre rapidement dans le suc gastrique sans qu'elle se soit préalablement convertie en une masse pultacée. Cette solution digestive de la gélatine se distingue des autres dissolutions gélatineuses en ce qu'elle ne se prend point en gelée par le refroidissement et qu'elle ne précipite pas par le chlore. Wasmann croit que la gélatine digérée précipite encore par le chlore : évidemment son expérience doit avoir été faite avec une solution digestive incomplète.

La *chondrine* s'altère aussi à la manière des corps albuminoïdes; néanmoins les cartilages ne se dissolvent que très lentement et très imparfaitement dans le suc gastrique.

Avant de procéder à l'examen des autres *principes alimentaires* qui séjournent et passent dans l'estomac sans y subir de bien notables altérations, et qui, par conséquent, ne sont rendus assimilables que dans l'intestin, je dois une courte mention aux *aliments* dits *composés*, dont on ne pourrait parler ici avec détails qu'en faisant d'inutiles répétitions : ces sortes d'aliments subiront, dans l'estomac, des modifications nécessairement variables suivant leur constitution, mais d'autant plus prononcées qu'ils auront moins de cohésion préexistante, et que surtout, parmi leurs divers éléments organiques, ils en offriront un plus grand nombre donnant prise à l'action particulière du suc gastrique.

(1) *Ouv. cit.*, p. 280.

Pappenheim (1), ayant examiné au microscope un grand nombre de tissus animaux pendant leur dissolution plus ou moins avancée dans le suc gastrique, a décrit les diverses altérations qu'ils subissent dans ce menstrue spécial. Parmi les résultats qu'il a fait connaître, figure celui qui a trait aux changements de la *chair musculaire :* pendant la digestion, les muscles, au moindre attouchement, se dissocient dans la direction de leurs fibres primitives, et ces fibres elles-mêmes se divisent en petits fragments rompus au niveau de leurs stries transversales. Cette dissociation résulte de la destruction du tissu cellulaire unissant par le suc gastrique. « Le *tissu cellulaire de la viande*, dit Burdach (2), est ce qui se dissout d'abord; les fibres de celles-ci se séparent donc les unes des autres; puis elles apparaissent comme rongées et finissent par se convertir en une bouillie.... » Plus tard, arrive leur dissolution plus ou moins complète. L. Corvisart, qui a fixé son attention particulièrement sur ce point, a pu constater que le suc gastrique dissout, par lui-même, une certaine proportion de *musculine*, substance qu'on a tour à tour rapprochée de la fibrine et de l'albumine.

Nous venons de reconnaître, par l'exposé de tous les faits qui précèdent, l'extrême importance du suc gastrique dans la digestion des *matières albuminoïdes*; importance qu'on voudrait vainement lui ravir en disant qu'il se borne à dissoudre le tissu cellulaire ou gélatigène de l'aliment azoté, et que même il peut jusqu'à un certain point être remplacé par la cuisson. Les matières albuminoïdes, quelles qu'elles soient (fibrine, albumine, caséine, glutine, etc.), éprouvent toutes, nous l'avons dit, une transformation presque uniforme. Le produit ultime de cette transformation, dans l'estomac, par l'action particulière de la pepsine acidifiée, paraît en effet être le même, au moins quant à son essence : ce produit, encore assez mal défini et quelque peu diversifié dans ses réactions, a été désigné, sous le nom d'*albuminose* (Mialhe), et aussi sous celui de *peptone* (Lehmann) pour rappeler qu'il doit sa formation au ferment gastrique ou pepsine. Il n'est, comme l'ont cru divers physiologistes, ni l'albumine proprement dite, ni aucun des autres principes constituants du sang; mais il est, suivant l'expression de Burdach (3), un rudiment de ces diverses substances, une sorte de matière neutre aux dépens de laquelle toutes peuvent prendre naissance, ou encore, comme s'exprime Truttenbacher (4), une masse plastique indifférente. Soluble, endosmotique et assimilable, cette albuminose ou peptone est promptement absorbée par tous les appareils de composition et de décomposition organique, après avoir passé des voies digestives dans la circulation générale.

Cette substance avait déjà été vue et décrite par divers physiologistes qui l'avaient désignée sous d'autres noms (*osmazôme*, *matière salivaire*, *matière gélatiniforme*, *albumine*, etc.); tels sont Eberle, Tiedemann et Gmelin, Prevost et Morin, J. Müller, etc. Mais elle a été surtout bien étudiée par Mialhe, et, après lui, par Lehmann.

Les caractères de l'albuminose pure, de celle qui résulte de la fermentation digestive de la fibrine, par exemple, sont les suivants : elle se présente sous la forme d'un liquide incolore, doué d'une odeur et d'une saveur faibles, mais qu

(1) *Zur Kenntniss der Verdauung im gesunden und kranken Zustande*. Breslau, 1839.
(2) *Traité de physiologie*, trad. de JOURDAN, t. IX, p. 273.
(3) *Traité de physiol.*, trad. de Jourdan, t. IX, p. 311.
(4) *Der Verdauungsprocess*, p. 7, 24.

néanmoins rappellent ordinairement un peu l'odeur et la saveur de la viande. Ce liquide, évaporé à une douce chaleur, laisse un résidu blanc jaunâtre, offrant assez de ressemblance avec l'albumine de l'œuf desséchée : c'est l'albuminose solide.

L'albuminose est très soluble dans l'eau, et complétement insoluble dans l'alcool. Sa solution aqueuse n'est point précipitable par la chaleur, ni par les bases alcalines, ni par les acides, ni enfin par la pepsine. Elle est, au contraire, précipitée par un grand nombre de sels métalliques, tels que ceux de plomb, de mercure et d'argent. Le chlore la précipite également. Il en est de même du tannin, même alors que ce dernier réactif est additionné d'une certaine quantité d'acide nitrique. Injectée dans les veines d'un animal, elle est assimilée et ne passe pas dans les urines, tandis que l'albumine, simplement dissoute dans l'eau, arrive en nature dans ce liquide excrémentitiel (1).

Nous avons fait entrevoir plus haut que l'*albuminose* ou *peptone* n'est pas absolument *identique*, suivant qu'elle provient de l'albumine, de la fibrine ou de la caséine. En effet, d'après les analyses de Lehmann (2), il y aurait entre les diverses peptones quelques différences dans la composition élémentaire, et il en existe aussi, suivant L. Corvisart (3), dans les réactions : c'est ainsi, par exemple, que la *fibrine-peptone* précipite par le bichlorure de platine, et que l'*albumine-peptone* ne fait rien de semblable, etc. Cela porte à croire que chaque principe albuminoïde donne par la digestion une albuminose ou peptone différente, pour répondre à des besoins différents de l'économie. Ainsi, une fois digérées par le suc gastrique, les diverses substances albuminoïdes sont transformées en de nouveaux *produits solubles* dans les humeurs du corps, et par conséquent faciles à absorber; produits qui ont d'ailleurs la même composition chimique que les substances dont ils procèdent, et qui partant pourront remplacer ces dernières dans l'organisme suivant ses besoins. Tel est le but de la digestion stomacale des principes alimentaires azotés.

Est-il besoin d'ajouter que la quantité de peptone, produite par ces divers aliments simples, varie avec chacun d'eux? C'est ainsi que L. Corvisart (4) et Lehmann (5) ont trouvé que 100 grammes de suc gastrique naturel de chien, en agissant sur l'albumine, donnent 5 grammes d'*albumine-peptone*, et que, d'après le premier de ces observateurs, pareille quantité du même fluide en contact prolongé avec la fibrine produit jusqu'à 10 grammes de *fibrine-peptone*, etc.

Quant aux *matières grasses*, la plupart des observateurs admettent qu'elles restent tout à fait inaltérées dans l'estomac, qu'elles n'y subissent aucun changement, si ce n'est qu'en général elles se liquéfient par suite de la température. Cependant, dans nos digestions artificielles de viande chargée de graisse, nous avons vu qu'en prenant le soin d'agiter légèrement les bocaux, la graisse s'émulsionnait un peu; et W. Beaumont (6), qui a eu si souvent occasion d'étudier le

(1) MIALHE, *Chimie appliquée à la physiologie et à la thérapeutique*, p. 125 et suiv. Paris, 1856.
(2) *Physiolog. Chemie*, t. II, p. 54.
(3) *Études sur les aliments et les nutriments*, p. 41 ; Paris, 1854.
(4) Dans *Comptes rendus de l'Ac. des sc. de Paris*, t. XXXV, 1852.
(5) *Ouv. cit.*, t. II, p. 50 ; t. III, p. 339. 1853.
(6) *Exper. and Observ. on the Gastric Juice and the Physiol. of Digestion*, p. 96. Plattsburg, 1833.

chyme dans l'estomac lui-même, a constaté que celui qui provenait de la digestion des aliments gras ressemble à de la *crème :* « J'ai vu, dit-il encore, que la matière grasse pouvait prendre à la longue, dans l'estomac, l'aspect d'une émulsion et se convertir en une sorte de fluide laiteux. » La même remarque se trouve reproduite dans un travail plus récent de Blondlot (1), où il est dit que « non-seulement l'estomac possède, à un degré de puissance beaucoup plus élevé qu'aucune autre partie du tube digestif, l'action dynamique ou de trituration, cause première et essentielle de tout émulsionnement, mais qu'il réunit en même temps les éléments passifs de cette transformation, c'est-à-dire la masse chymeuse elle-même. » Nul doute, pour nous, qu'il n'y ait beaucoup d'exagération dans cette manière de voir ; car, comme nous l'établirons bientôt, c'est principalement, sinon exclusivement, dans l'intestin grêle que les corps gras trouvent à s'émulsionner; c'est là qu'en d'autres termes, ils sont divisés en particules d'une finesse extrême, et ainsi préparés à l'absorption.

Après l'usage un peu prolongé d'aliments où prédominaient des matières grasses, W. Beaumont (2) dit avoir vu plusieurs fois la bile refluer dans l'estomac; mais il n'a pas remarqué que l'émulsionnement des corps gras fût plus prononcé dans ces cas exceptionnels.

Les digestions artificielles démontrent que la *fécule* n'est nullement transformée par le suc gastrique pur, mais que, si on la fait digérer dans ce liquide mêlé à une certaine quantité de salive, elle peut se changer en dextrine et en glycose, quand bien même l'acidité du suc gastrique l'emporte sur l'alcalinité du fluide salivaire. Aussi est-ce à tort qu'on a avancé, comme règle générale, que les substances alimentaires féculentes, qui arrivent imprégnées de salive dans l'estomac, ne sauraient plus y éprouver aucune modification, parce que les acides empêchent le principe salivaire d'exercer son action saccharifiante. Quoique j'aie déjà exposé plus haut (p. 174) les preuves expérimentales qui militent contre cette assertion, je crois devoir ajouter ici quelques remarques à propos des dissidences des expérimentateurs.

Et d'abord, il importe de rappeler que, dans certaines expériences instituées pour juger cette question, on s'est mal à propos servi du chien qui, comme tous les autres carnivores, ne fait qu'exceptionnellement usage d'aliments amylacés; et que d'ailleurs E. Schrœder (3), dans quelques observations comparatives faites sur une femme atteinte de fistule gastrique et sur un chien mis dans la même condition, a reconnu que la salive de ce dernier, mélangée avec le suc gastrique, est bien inférieure, comme fluide saccharifiant, à la salive humaine. Ajoutons que la mastication étant fort incomplète chez le chien, qui avale sa nourriture pour ainsi dire sans la mâcher, il y a aussi une quantité bien moindre de salive sécrétée puis mêlée au suc gastrique dans l'estomac. Or, si d'une part le liquide salivaire est en quantité insuffisante, et si, d'autre part, il a une moindre activité, comme nous verrons tout dépendre ici des proportions du mélange, il n'y a donc pas lieu de s'étonner des différences dans les résultats, en présence de conditions elles-mêmes si dissemblables, ni, par conséquent, d'être surpris de voir la saccharification de l'amidon à peu près manquer dans un cas et s'effectuer dans l'autre.

(1) *Recherches sur la Digestion des matières grasses*, p. 29 et suiv. (Thèses de la Faculté des sciences de Paris. 1855 ; n° 183).

(2) *Loc. cit.*

(3) *Succi gastrici humani vis digestiva ope fistulæ stomacalis indagata.* Dorpat, 1853.

Il faut encore savoir que, dans bien des expériences, où, après avoir administré des féculents, on a constaté la présence de la glycose, on ne s'était pas toujours assuré qu'il n'en existait pas déjà dans les aliments ingérés; de là sans doute l'exagération de certains auteurs relativement à la quantité de fécule qu'ils disent avoir vue se transformer dans l'estomac. C'est ainsi que dans la farine de blé cuite, dans le pain, on peut rencontrer parfois des quantités très appréciables de principe sucré, ce qui enlève de leur valeur aux expériences faites avec de telles substances. Nous avons trouvé aussi qu'un certain nombre de pommes de terre crues contiennent de la glycose, et que, dans un plus grand nombre encore, la fécule se transforme partiellement en glycose quand on les cuit, tandis qu'elles n'en renfermaient pas à l'état de crudité : ces dernières sont des pommes de terre demi-malades qui, après avoir été bouillies, restent encore un peu humides dans leur centre. Il y a enfin des pommes de terre saines qui, par la cuisson, deviennent sèches et farineuses; celles-là peuvent ne contenir aucune trace de glycose. L'amidon lui-même, s'il est impur, peut, quand on le réduit en *empois*, se transformer partiellement en sucre : cela est arrivé, sans doute, dans les expériences de Frerichs qui trouva une grande quantité de sucre dans l'estomac de chiens auxquels il avait administré de l'empois d'amidon.

Quant à l'*amidon cru*, il ne paraît guère subir qu'un commencement de désagrégation dans l'estomac, avant de passer dans l'intestin grêle où se continue l'action de la salive si puissamment secondée par celle du suc pancréatique. Les expériences toutes récentes de Grünewaldt et de Schrœder, sur une femme atteinte de fistule gastrique, expériences que nous avons déjà mentionnées (p. 174), s'accordent à ce sujet avec celles de la plupart des observateurs. Selon Blondlot (1), qui appuie sa théorie sur la constitution même du grain d'amidon, le suc gastrique aurait le pouvoir de réduire la matière féculente en *granules*, après avoir altéré l'espèce d'enduit azoté qui les réunissait entre eux. Ces granules seraient alors devenus suffisamment ténus ($0^{mm},002$) pour être livrés en nature, comme les matières grasses, à l'absorption. Est-il besoin de faire remarquer tout ce qu'il y a d'hypothétique dans cette dernière proposition?

Nul doute que, dans nos digestions artificielles, le suc gastrique naturel, c'est-à-dire uni à une quantité variable de salive, n'agisse pas toujours avec la même énergie sur l'*amidon cuit*. S'il contient une proportion notable de salive, et qu'en effet le microscope y fasse découvrir une grande quantité d'épithélium buccal, ou bien si cette proportion est assez grande pour avoir fait perdre au suc gastrique sa réaction acide, on constate que ce fluide transforme très rapidement l'amidon cuit en glycose. Si, au contraire, le suc gastrique ne renferme que très peu de salive, alors on y rencontre à peine des vestiges d'épithélium buccal, et alors aussi la transformation de l'empois d'amidon s'opère beaucoup moins rapidement : souvent on n'y peut découvrir des traces de glycose qu'après plus d'une heure. On doit donc présumer que l'action de la salive, dans l'estomac lui-même, sera d'autant plus faible et plus tardive que ce liquide sera plus dilué par le suc gastrique, et que, par conséquent, comme nous le disions plus haut, la variété dans la proportion de ces deux fluides digestifs devra assez souvent faire toute la différence et expliquer la diversité des résultats obtenus.

(1) *Recherches sur la digestion des matières amylacées*. Nancy, 1853.

Quoi qu'il en soit, après les expériences de Lehmann (1), Frerichs (2), Jacubowitsch (3), Mialhe (4), après celles de Donders (5) et les nôtres (6), nous ne pensons pas qu'on puisse maintenir les doutes qui s'étaient élevés relativement au pouvoir qu'a la salive de continuer son action, *dans l'estomac*, sur l'empois d'amidon avec lequel elle arrive mélangée.

Bouchardat et Sandras (7) ont avancé que le *sucre de canne* se change dans l'estomac en sucre *interverti* (8), puis en acide lactique; ce qui est nié par la plupart des physiologistes, notamment par Blondlot et Frerichs (9). Cette négation impliquerait pourtant sa transformation dans une autre partie de l'organisme, car le sucre de canne ne saurait rester en dissolution dans le système circulatoire sans être excrété avec l'urine, et l'expérience démontre que ce liquide n'en renferme point même après un repas très riche en sucre de cette espèce.

En faisant digérer du sucre de canne dans le suc gastrique, Schiff et moi nous avons constaté qu'il se changeait en sucre *interverti* après une, deux ou trois heures, comme Bouchardat et Sandras l'avaient observé. En même temps, nous nous sommes assurés qu'un pareil résultat n'était point dû à l'action de la salive; car, malgré l'action prolongée de ce fluide seul, jamais semblable métamorphose ne s'y est accomplie. Ce n'est pas non plus la *pepsine* qui agit sur le sucre de canne, puisque le suc gastrique, chauffé jusqu'à l'ébullition, n'a point alors perdu sa faculté transformatrice. Mais, en neutralisant l'acidité de ce liquide avec de l'eau de chaux ou de baryte, on lui enlève toute action sur le sucre de canne, du moins dans les huit à dix premières heures de l'expérience. C'est donc à l'acide du suc gastrique qu'il faut rapporter la transformation du sucre. D'ailleurs, on sait que les acides dilués agissent ainsi, à la manière des acides forts, même à la température ordinaire. Dans un verre, nous avons mêlé du sucre de canne avec du suc gastrique, et, dans un autre, avec une certaine quantité d'eau acidulée par un millième d'acide chlorhydrique. Après deux heures, et par une température de + 36 à 40 degrés centigrades, les deux expériences donnèrent également du sucre interverti.

Il est prouvé qu'une solution de sucre de canne est bien moins facilement absorbée qu'une solution de glycose ou que l'eau pure: aussi a-t-il paru vraisemblable que, dans l'estomac vivant, le sucre de canne devait avoir le temps de se transformer en glycose; mais il ne l'est guère que la transformation aille plus loin et que ce dernier principe se change lui-même en acide lactique. C'est là une métamorphose que nous verrons s'accomplir surtout le long de l'intestin grêle. Rappelons seulement ici que, chez les animaux auxquels on a donné une grande quantité de sucre de canne, on peut trouver dans leur sang une proportion assez notable de glycose, comme l'ont surtout établi les expériences récentes de Becker (10).

(1) *Loc. cit.*
(2) WAGNER'S *Handwörterbuch*, etc.; t. III. 1849.
(3) *De saliva dissertatio;* DORPAT, 1848.
(4) *Chimie appliquée à la physiologie*, etc., p. 53 et suiv.
(5) *Lehrbuch der Physiol.*, p. 194. Leipzig, 1856.
(6) LONGET, *Nouvelles recherches relatives à l'action du suc gastrique sur les matières albuminoïdes;* mémoire inséré dans les *Ann. des sc. nat.*, 4e série, t. III. 1855. — Voir aussi plus haut, p. 174.
(7) *De la digestion des matières féculentes et sucrées*, etc., dans le supplément de l'*Annuaire de thérapeutique* pour 1846.
(8) Voir plus haut (p. 62) ce que l'on doit entendre par *sucre interverti*.
(9) *Loc. cit.*
(10) SIEBOLD et KÖLLIKER, *Zeitschrift*, etc., t. V, p. 123.

La *gomme* et la *pectine* se dissolvent simplement par le suc gastrique, sans être modifiées dans leurs réactions. Blondlot et Frerichs ont dirigé leurs recherches sur ce sujet. Le produit insoluble de la pectine, qui ne se dissout en partie que dans les acides chauds, n'est ni altéré ni dissous par le suc gastrique. La *cellulose* n'y subit non plus aucune transformation.

On avait pensé que l'*alcool* pouvait se changer, dans l'estomac, en acide acétique. Mais Bouchardat et Sandras (1) ont prouvé que l'alcool est absorbé dans l'estomac sans y éprouver d'altération, qu'on le retrouve en nature dans beaucoup de sécrétions et dans l'exhalation pulmonaire. Deux fois Frerichs n'a pu trouver de l'acide acétique dans l'estomac, après l'ingestion d'une quantité assez considérable d'alcool.

Nous arrivons maintenant à étudier l'action du suc gastrique sur les *éléments anorganiques* des matières alimentaires.

L'*eau*, ingérée dans l'estomac, se charge des matières solubles qu'elle y rencontre, des sels et de l'albuminose. Dans cet état, elle est en partie absorbée sur place, en partie versée dans l'intestin. Si l'on fait boire de l'eau à un chien après lui avoir donné une quantité considérable d'albumine liquide, l'absorption de l'eau est notablement ralentie. On peut croire que la même chose a lieu quand l'estomac contient beaucoup de sucre de canne en dissolution.

Les *sels alcalins* solubles, renfermés dans les aliments, passent avec l'eau, avec les fluides gastrique et salivaire, sans être altérés.

Quant aux *métaux* et aux *sels terreux*, leur absorption et leur solubilité dans le suc gastrique ont donné lieu à de nombreuses controverses. Si, d'après Frerichs (2), on fait digérer du suc gastrique avec du fer pendant plusieurs heures, on trouve ensuite que la liqueur filtrée tient en dissolution une quantité assez médiocre d'oxyde de fer. Si, au lieu de fer métallique, on se sert d'oxyde de fer hydraté, le suc gastrique en dissout une plus notable proportion. Schiff a constaté, comme Frerichs, que les carbonate et phosphate de magnésie se dissolvent dans le suc gastrique. Blondlot, nous l'avons vu plus haut, n'admet pas cette dissolution ; d'après lui, ce serait tout au plus la quantité infinitésimale de l'acide chlorhydrique libre du suc gastrique qui pourrait dissoudre quelques particules de ces sels. Frerichs dit avoir précipité, à l'aide d'alcalis, une quantité variable de magnésie dissoute dans le suc gastrique.

Les carbonates et les phosphates de chaux, d'après la théorie de Blondlot, ne seraient pas non plus dissous par le suc gastrique. Mais Schiff a communiqué à la Société de médecine de Francfort des expériences qui prouvent que ces sels sont solubles en quantité restreinte, il est vrai, mais pourtant suffisante pour les besoins de l'organisme. Frerichs est arrivé au même résultat, et déjà Tiedemann et Gmelin, en faisant avaler à des chiens des pierres calcaires, avaient trouvé dans l'estomac un liquide assez riche en sels de chaux. Si l'estomac renferme beaucoup d'acide lactique, les sels calcaires pourront se dissoudre en plus forte proportion.

La solubilité des sels calcaires présente un intérêt spécial, puisqu'à cette question se rattache celle de la digestibilité des *os*, dont ces sels forment la partie anorganique. Boerhaave et Haller (3) ont nié que les os fussent digérés : ils pen-

(1) *Loc. cit.*
(2) *Ouv. cit.*, t. III, p. 801.
(3) BOERHAAVE, *Prælectiones academicæ* ; édit. de HALLER, t. I, p. 269.

saient qu'ils n'étaient que désagrégés dans l'estomac pour être ensuite excrétés en nature. Réaumur et Spallanzani ont, au contraire, soutenu que les os étaient, du moins en partie, véritablement digérés : cette manière de voir est partagée par Tiedemann et Gmelin, Frerichs et d'autres auteurs. Quant à Blondlot, il croit que, si en effet la partie organique est *digérée*, la matière calcaire est seulement désagrégée, réduite en poudre ou délitée par une action spéciale du suc gastrique, mais qu'elle n'est pas réellement dissoute. Il a avancé que les os, mis en contact avec le suc gastrique, ne paraissent nullement ramollis à leur surface et qu'ils ne ressemblent en aucune façon aux os attaqués par l'action des acides. L'explication de ce fait est simple : les acides laissent subsister la partie cartilagineuse ou gélatineuse, qu'au contraire le suc gastrique dissout plus rapidement que la partie terreuse. De là vient cette poudre crayeuse qu'on trouve à la surface des os, si on les fait sécher après les avoir laissés quelque temps en contact avec le suc gastrique.

Blondlot, ayant mis des os entiers en contact avec le suc gastrique, les vit disparaître sans ramollissement de leur surface. Il étudia ensuite, dans l'estomac même et séparément, l'action du suc gastrique sur chacun des deux éléments des os, et reconnut que la partie cartilagineuse, isolée de l'élément terreux, se digérait assez vite, à la manière des cartilages, bien qu'elle résistât un peu plus que les autres tissus fibro-cartilagineux. Quant à la matière terreuse, dégagée par la calcination, elle ne devait pas, suivant son opinion, se dissoudre dans le suc gastrique ; aussi fut-il très étonné de la voir disparaître assez promptement dans l'estomac. « Pour mieux m'assurer du fait, dit-il (1), je recommençai l'expérience deux ou trois fois, et toujours avec des résultats semblables. Cependant, à une quatrième tentative, je retirai le tube huit heures seulement après son introduction, et alors, en examinant attentivement le fragment d'os, je ne tardai pas à reconnaître la véritable cause du phénomène. En effet ce fragment, un peu diminué de volume, avait la surface polie et les arêtes émoussées ; en le maniant entre les doigts, il abandonnait une poudre blanche, crayeuse, semblable à du blanc d'Espagne délayé dans de l'eau. Plongé dans ce liquide, il le troublait et donnait naissance à un précipité blanc, très fin, qui, traité par quelques gouttes d'acide chlorhydrique, se dissolvait avec une légère effervescence. En un mot, il était évident que la matière terreuse au lieu de se dissoudre, dans l'acception rigoureuse du mot, ne faisait que se réduire en poudre, ou se déliter par suite d'une modification survenue dans le mode d'agrégation de ses molécules intégrantes. Le suc gastrique n'agit donc point ici par son acide à la manière des simples menstrues chimiques, et il est probable qu'il n'intervient que par une de ces influences de *contact* que l'on désigne sous l'expression générique de *force catalytique*. »

Cette description est exacte, mais on peut s'assurer facilement que les acides dilués agissent aussi d'une manière analogue sur le tissu des os. En effet, dans ce tissu si spongieux et si inégal, les parties les plus minces sont les premières détruites par l'acide, tandis que les points un peu plus denses se réduisent bientôt en une poudre crayeuse.

Quant au suc gastrique, il paraît agir sur la partie terreuse des os par son *acide*, et sur leur partie organique à l'aide de son ferment (*acide* et *pepsine*).

Blondlot fait observer, avec raison, que les digestions d'os, faites hors de l'esto-

(1) *Ouv. cit.*, p. 323

mac avec le suc gastrique naturel, réussissent rarement et que le plus souvent elles échouent même d'une manière complète. Nous croyons qu'il faut en rapporter la cause d'abord à ce que l'action dissolvante de l'acide stomacal sur la partie calcaire des os est très limitée ; à ce qu'aussi, dans la digestion artificielle, il n'y a pas renouvellement continu du suc gastrique et absorption successive du liquide déjà saturé de cette partie calcaire, comme cela a lieu dans la digestion naturelle.

Pour justifier l'opinion de Blondlot qui admet, dans le suc gastrique, un agent particulier pour la désagrégation de la portion calcaire des os, il faudrait d'abord prouver que l'*acide* du suc gastrique ne dissout aucunement la matière calcaire. Or il n'en est pas ainsi, et nous avons pu constater aisément que le précipité formé par l'oxalate d'ammoniaque dans le suc gastrique, après sa digestion avec des os, est bien plus abondant que celui qu'on obtient dans le suc gastrique ordinaire.

Si la dissolution de la matière calcaire dans le suc gastrique est déjà très lente hors de l'estomac, elle ne le devient pas davantage et n'offre pas d'autres phénomènes quand on a soumis préalablement ce fluide à l'ébullition. Cela ne démontre-t-il pas suffisamment que la matière organique particulière au suc gastrique (pepsine) n'intervient pas dans la dissolution ou la désagrégation de la partie terreuse des os, et que, pour cette dernière, l'acide doit être le vrai principe actif?

Spallanzani (1) avait déjà reconnu, sur lui-même et sur divers animaux, à l'aide de tubes à parois perforées, que le suc gastrique attaque les os, et W. Beaumont (2), dans une digestion artificielle, a constaté le même fait avec du suc gastrique recueilli sur l'homme. Toutefois, la plus grande partie de la matière calcaire des os passe dans l'intestin pour être évacuée avec les fèces.

XII. Les substances alimentaires subissent, de la part du suc gastrique, comme on vient de le voir, des changements qui varient avec leur constitution. Mais, en général, ce fluide les ramollit plus ou moins complétement, de plus il en sépare les parties qui sont solubles dans l'eau et dans les acides faibles, et surtout il *digère* les corps albuminoïdes ou azotés. Les parties alimentaires qui sont insolubles dans l'estomac peuvent elles-mêmes être tellement pénétrées par le suc gastrique, qui, à une température déterminée, les baigne de toutes parts, que leur cohésion s'affaiblisse, et que les mouvements de l'estomac ou même la plus légère pression de la part de ce viscère les réduisent en une masse désagrégée et pulpeuse, qui forme, en partie, le *chyme*. Aussi, devra-t-il arriver que les aliments, dont la cuisson aura déjà diminué ou détruit la cohésion, se chymifieront plus facilement.

Mais la chymification de ceux des aliments dont la majeure partie est insoluble dans l'estomac, comme le pain, les légumes, etc., n'est pourtant pas seulement le résultat de leur pénétration par le liquide gastrique : celui-ci, en même temps qu'il en dissout les sels et les principes azotés, prive ces substances alimentaires de matériaux qui leur donnaient une grande partie de leur cohésion, et les rend ainsi plus friables. Telle est la raison de la différence qu'on observe entre la chymification du pain dans le suc gastrique, et son ramollissement dans l'eau tiède ; différence qu'on peut facilement constater dans les digestions artificielles.

Tout ce qui est réduit à l'état liquide ou seulement pulpeux est préparé, par cela

(1) *Loc. cit.*
(2) *Ouv. cit.*, p. 200.

même, à passer dans l'intestin où l'entraînent d'ailleurs les mouvements péristaltiques de l'estomac. Après un repas *mixte* déjà un peu avancé, la masse pulpeuse, malgré son homogénéité apparente, se compose d'abord des particules désagrégées des substances insolubles dans l'estomac, puis de parcelles d'autres matières qui finiraient par s'y dissoudre si les contractions de cet organe ne leur en ôtaient le temps en accélérant leur cours vers l'intestin ; de matières grasses déjà plus ou moins imparfaitement émulsionnées ; de substances féculentes très incomplétement transformées en sucre et reconnaissables à tous leurs caractères ; enfin de liquides qui contiennent les produits mêmes de la digestion complète, produits dont plusieurs pourraient déjà être absorbés dans l'estomac s'ils y séjournaient assez longtemps. Avec les anciens physiologistes, c'est surtout à la partie pulpeuse du précédent composé qu'on donne le nom de *chyme*, malgré l'étymologie de ce mot, puisque χυμὸς veut dire *suc* ou liquide. Divers auteurs voudraient même qu'on le réservât pour la matière pultacée qui résulte de l'action incomplète du suc gastrique, spécialement sur les matières azotées (*).

L'aptitude des diverses substances alimentaires à subir plus ou moins facilement l'action des sucs digestifs, et, par suite, à fournir leur partie absorbable, la *digestibilité* des aliments, en un mot, ne saurait exprimer qu'un simple rapport entre les propriétés de chacune de ces substances et la situation actuelle de l'organisme. Or, ce rapport est des plus mobiles ; il varie suivant une foule de conditions individuelles et de circonstances accidentelles chez le même individu. Telle personne s'accommode très bien d'aliments réputés indigestes, et ne digère point ceux qu'on regarde comme les plus *légers*. Combien de fois aussi, chez le même individu, n'arrive-t-il pas qu'un aliment, très digestible dans certaines conditions générales de l'économie, cesse de l'être dans d'autres, quoique l'estomac et l'intestin conservent leur état normal ! La digestibilité n'est donc point un fait absolu ; elle dépend autant de l'organisme que de l'aliment lui-même.

A l'exemple de certains observateurs, doit-on mesurer la digestibilité seulement par le temps nécessaire pour qu'un aliment soit réduit en chyme *dans l'estomac ;* ou bien, comme quelques autres, doit-on l'apprécier exclusivement par la durée du séjour dans cet organe, abstraction faite de toute modification de la substance alimentaire ? Mais on sait aujourd'hui qu'il est des aliments qui passent dans l'intestin avant d'avoir été modifiés dans l'estomac où ils ne séjournent qu'un temps assez court ; tandis que d'autres y restent longtemps et y sont presque entièrement transformés. Cela ne veut pas dire que les premiers, parce qu'ils séjournent peu dans l'estomac, soient plus digestibles que les seconds, ou qu'ils doivent céder avec plus de promptitude la somme de leurs principes absorbables et nutritifs. Évidemment, d'après la précédente distinction, le degré de digestibilité ne saurait s'évaluer seulement en tenant compte de la circonstance de lieu : que l'élaboration digestive d'un aliment se fasse dans l'estomac ou dans l'intestin, c'est toujours elle qui, par sa durée, doit représenter l'élément principal du problème, et l'on comprend de prime abord toutes les difficultés qu'il peut y avoir à préciser le moment où cette élaboration est consommée, et, par suite,

(*) Dans l'opinion d'un certain nombre de physiologistes, les mots *chyme* et *chyle* servaient à désigner deux produits dérivant l'un de l'autre, ayant une composition bien définie, toujours identiques avec eux-mêmes malgré la variété de l'alimentation, et n'étant que deux degrés différents de la matière nutritive que le travail digestif a pour mission d'extraire des aliments ; ou bien encore le mot *chyme* désignait le *suc* que l'estomac pouvait extraire lui-même des substances alimentaires.

à ne pas confondre la vitesse de digestion d'un aliment avec celle de son élimination.

Cette étude si complexe a donné lieu à beaucoup de travaux qui ont eu principalement pour base des expériences de digestion artificielle, et des observations recueillies, soit sur des animaux (1), soit sur des hommes (2), quelques-uns de ces derniers portant un anus contre nature (3), une fistule stomacale (4), ou bien pouvant vomir à volonté (5). Mais, parce que les expérimentateurs n'ont pu se placer toujours dans les mêmes conditions, on trouve entre eux bien des divergences et beaucoup de contradictions dans leurs résultats. Que de causes, en effet, peuvent retarder ou accélérer l'acte de la digestion appliqué à la même substance alimentaire ! Il faut noter les conditions de cohésion, de forme, de volume et de préparation de l'aliment (*) ; les circonstances qui se rapportent à l'individu, à l'état habituel ou accidentel de l'économie, de l'estomac et des intestins ; puis encore l'exercice ou le repos, la durée de l'abstinence antérieure, la température ambiante, surtout le genre d'alimentation habituellement en usage, etc. Or, dans les expériences tentées sur les animaux, combien de fois n'est-il pas arrivé qu'on n'a tenu aucun compte des habitudes et des répugnances propres à chacun d'eux, et que, sans distinction, on leur a fait avaler violemment des substances étrangères à leur alimentation naturelle ! Au point de vue de la vérification des divers degrés de digestibilité des aliments qui entrent dans le régime de l'homme, est-on aussi bien autorisé à s'appuyer sur des digestions *artificielles* accomplies avec le suc gastrique du chien ou avec celui de l'homme lui-même, sur des résultats fournis par des individus atteints d'une lésion grave du tube digestif ?

Quoi qu'il en soit, nous donnerons un résumé des principales recherches tentées à cet égard, en commençant par celles de Gosse (de Genève) (6), qui, comme on le sait, possédait la faculté de vomir à volonté, et qui, d'après l'inspection des matières qu'il vomissait, a classé un certain nombre d'aliments dans l'ordre de leur digestibilité.

1° Les substances qu'au bout d'une heure à une heure et demie, Gosse trouvait déjà réduites en bouillie ou presque digérées, étaient : la chair d'agneau, de veau, de poulet et des autres volailles tendres ; les œufs frais à la coque, le lait de vache, la perche cuite à l'eau, les asperges, les épinards, les artichauts, la pulpe

(1) A. Cooper, *Expér. sur la digestion*, dans *Nouv. journ. de méd.*, t. I, p. 61, 1818. — Tiedemann et Gmelin, *Rech. physiol. et chim. sur la digestion*, trad. de Jourdan, *passim.* — Schultz, *De alimentorum concoctione experimenta nova*; Berolini, 1834. — Bassow, *Fistules gastriques artificielles sur des chiens* ; dans t. XVI des *Bulletins de la Société impériale des Naturalistes de Moscou* (décembre 1842). — Blondlot, *Traité analytique de la digestion.* Nancy, 1843. — Bardelen, *Archiv für physiol. Heilkunde*, t. VIII, p. 2.

(2) Stevens, *De alimentorum concoctione*, etc. Édimbourg, 1777.

(3) Lallemand, *Observ. pathol. propres à éclairer plusieurs points de physiologie*, p. 76. Paris, 1818. — Londe, dans son *Traité d'hygiène*, t. II. p. 49 et suiv., Paris, 1847 ; et dans *Archiv. génér. de méd.*, 1re série, t. X.

(4) Circaud, *Remarques sur une femme qui a une fistule à l'estomac* ; dans *Journ. de physique*, t. LIII. — Jac. Helm, *Zwei Krankengeschichten.* Vienne, 1803. — W. Beaumont, *Experiments and Observations on the Gastric Juice and the Physiology of Digestion.* Plattsburg, 1833. — Otto Gruenewaldt, *Succi gastrici humani indoles physica et chimica ope fistulæ stomacalis indagata.* Dorpat, 1853. — E. Schroeder, *Succi gastrici humani vis digestiva ope fistulæ stomacalis indagata.* Dorpat, 1853.

(5) Gosse, dans *Opuscules de physique animale et végétale*, par Spallanzani, trad. de J. Senebier, t. II, p. 379 et suiv. Pavie, 1787.

(*) On sait combien la *coction* des féculents, en particulier, augmente leur digestibilité.

(6) *Loc. cit.*

cuite des fruits à pepins et à noyau, le pain rassis de froment, les pommes de terre et autres produits féculents. 2° Dans ces mêmes expériences, la chymification n'a paru être complète qu'au bout de quatre à six heures, pour : la viande de porc, le sang cuit (boudins), les jaunes d'œufs durcis, les herbes crues mangées en salade, les choux, les choux-fleurs, les cardons, les oignons crus et même cuits, les poireaux, les radis, le pain chaud, les pâtisseries. 3° Il est enfin d'autres substances que Gosse a appelées *indigestes*, c'est-à-dire qui séjournent dans l'estomac ou dans l'intestin lui-même au delà du temps que comporte une digestion ordinaire, sans éprouver de notables altérations, comme : parties tendineuses et aponévrotiques, os, graisses, albumine concrète, truffes, champignons, semences huileuses, olives, noix, amandes, noisettes, cacao, pepins de pommes, de raisins, d'oranges, de groseilles et enveloppes de substances farineuses, des fruits à noyaux et à pepins, semences ligneuses (noyaux de prunes, de cerises, etc.).

Parmi ces dernières substances, on peut remarquer qu'il en est même plusieurs qui sont absolument réfractaires à la digestion, qui ne représentent que des corps étrangers dont l'ingestion fatigue les organes sans profit pour l'économie, et dont le séjour, l'arrêt, l'accumulation dans certains points du tube digestif, peuvent occasionner des accidents graves et même mortels. La science possède, en effet, des exemples de perforation de l'appendice iléo-cæcal, produite par l'introduction dans ce diverticulum intestinal, de noyaux de cerises ou de prunes, d'un morceau de tendon, etc.

Du reste, de toutes les méthodes employées pour reconnaître la digestibilité des aliments, celle de Gosse a pu paraître la moins sujette à contestation, puisque cet expérimentateur a agi sur l'homme lui-même, et sur l'homme dans toute la plénitude de sa santé. Aussi les résultats qu'il a obtenus, à quelques exceptions près, s'accordent-ils avec les données qui semblent être le mieux établies.

Quant aux expériences de Lallemand (1), reproduites par Londe (2) elles ont été faites sur des individus atteints d'anus contre nature, et elles ont surtout servi à démontrer que les matières végétales de l'alimentation séjournent, en général, un temps assez court dans l'estomac, et qu'ordinairement elles se présentent à l'orifice fistuleux de l'intestin moitié plus tôt que la viande ou les autres matières albuminoïdes. Mais évidemment une pareille remarque ne prouve rien quant au degré de digestibilité ultérieure de ces diverses substances ; elle apprend seulement que les substances alimentaires sur lesquelles le suc gastrique doit agir restent plus longtemps que les autres dans l'estomac.

Les recherches plus récentes et plus complètes de W. Beaumont, sur la digestibilité des différentes espèces d'aliments, ont été continuées pendant plusieurs années sur un chasseur canadien, qui, ayant reçu un coup de feu dans la région de l'estomac, avait conservé une large fistule gastrique. C'est à travers cette fistule que l'observateur a pu inspecter l'intérieur de l'estomac et en retirer des matières alimentaires à toutes les périodes de la digestion. De plus, il s'est appliqué à reproduire souvent la même expérience, de manière à en déduire le temps moyen nécessaire à la digestion de chaque substance. Il a aussi opéré comparativement sur les mêmes substances alimentaires à l'aide du suc gastrique, dans des vases chauffés au bain-marie. Du reste, ces expériences variées, qui, sans doute, offrent beaucoup d'intérêt, sont spécialement relatives aux aliments transformables dans

(1) *Loc. cit.*
(2) *Loc. cit.*

l'estomac, et ne s'appliquent qu'imparfaitement à ceux dont la digestion s'opère en grande partie dans l'intestin.

Voici, d'après W. Beaumont, un tableau qui indique le temps moyen de la chymification de divers aliments dans l'estomac humain, tableau qui est comme le résumé de tous les travaux de l'auteur :

		h.	m.
Riz	bouilli	1	
Pieds de cochons marinés . . .	bouillis	1	
Tripes marinées. .	bouillies	1	
Œufs conservés. .	crus	1	30
Truites et saumons frais.	frits	1	30
Id.	bouillis	1	30
Soupe au gruau. .	bouillie	1	30
Pommes douces et bien mûres. . .	crues	1	30
Côtelette de chevreuil. . . .	bouillie	1	35
Cervelle	bouillie	1	45
Sagou	bouilli	1	45
Tapioca.	bouilli	2	
Gruau d'orge. . .	bouilli	2	
Lait	bouilli	2	
Foie de bœuf frais.	grillé	2	
Œufs frais. . . .	crus	2	
Stockfish	bouilli	2	
Pommes aigres bien mûres. . .	crues	2	
Salade de choux. .	crue	2	
Lait	non bouilli	2	15
Œufs frais	rôtis	2	15
Coq d'Inde sauvage	rôti	2	18
Coq d'Inde domestique.	bouilli	2	25
Gélatine.	bouillie	2	30
Coq d'Inde domestique.	rôti	2	30
Oie sauvage. . . .	rôtie	2	30
Cochon de lait. .	rôti	2	30
Agneau frais. . .	bouilli	2	30
Hachis de viande et légumes. . . .	chaud	2	30
Haricots en cosse.	bouillis	2	30
Gâteau tendre. . .	bien cuit	2	30
Navets	bouillis	2	30

		h.	m.
Pommes de terre.	frites	2	30
Id.	cuites au f.	2	30
Choux pommés. .	crus	2	30
Moelle épinière. .	bouillie	2	40
Poulet adulte. . .	fricassé	2	45
Tarte.	cuite au f.	2	45
Bœuf avec un peu de sel. . . .	bouilli	2	45
Pommes sûres, dures.	crues	2	50
Huîtres fraîches. .	crues	2	55
Œufs frais	cuits clairs	3	
Loup marin frais .	bouilli	3	
Bœuf frais, maigre	bouilli	3	
Bifteck.	grillé	3	
Porc récemment salé.	cru	3	
Porc récemment salé.	c. à l'étuvée	3	
Mouton frais . . .	grillé	3	
Id.	bouilli	3	
Soupe aux haricots	bouillie	3	
Soupe de poulet. .	bouillie	3	
Aponévroses . . .	bouillies	3	
Boudin aux pommes. . . . , .	bouilli	3	
Gâteau.	cuit au four	3	
Huîtres fraîches. .	rôties	3	15
Porc récemment salé	grillé	3	15
Côtelette de porc.	grillée	3	15
Mouton frais. . .	rôti	3	15
Pain de froment. .	cuit au four	3	15
Carottes rouges. .	bouillies	3	15
Saucisse fraîche. .	grillée	3	20
Carrelet frais. . .	frit	3	30
Chat marin frais.	frit	3	30
Huîtres fraîches. .	à l'étuvée	3	30
Bœuf frais, maigre, sec. . .	rôti	3	30

		h.	m.
Bœuf, avec moutarde.	bouilli	3	30
Beurre.	fondu	3	30
Fromage vieux et fort	cru	3	30
Soupe au mouton.	bouillie	3	30
Soupe aux huîtres.	bouillie	3	30
Pain blanc frais. .	c. au four	3	30
Navets doux. . . .	bouillis	3	30
Pommes de terre.	bouillies	3	30
Œufs frais. . . .	cuits durs	3	30
Id.	frits	3	30
Blé vert et fèves.	bouillis	3	45
Bettes	bouillies	3	45
Saumon salé. . .	bouilli	4	
Bœuf.	frit	4	
Veau frais	bouilli	4	
Poule domestique.	bouillie	4	
Id.	rôtie	4	
Canard domestique	rôti	4	
Soupe de bœuf et de légumes. . .	bouillie	4	
Cœur.	frit	4	
Bœuf salé, vieux, dur	bouilli	4	15
Porc récemment salé.	frit	4	15
Soupe à la moelle de bœuf. . .	bouillie	4	15
Cartilages.	bouillis	4	15
Porc récemment salé.	bouilli	4	15
Veau frais. . . ,	frit	4	30
Canard sauvage. .	rôti	4	30
Graisse de mouton	bouillie	4	30
Porc entrelardé. .	rôti	5	15
Tendon.	bouilli	5	30
Graisse de bœuf, fraîche. . . .	bouillie	5	30

Blondlot (1) s'est aussi occupé de la digestibilité des matières alimentaires simples et des produits composés. Il a employé simultanément deux méthodes, dont l'une consiste à suivre l'action digestive dans l'estomac lui-même, à l'aide d'une fistule gastrique établie sur un chien, et l'autre à faire agir le suc gastrique préalablement extrait de l'estomac de cet animal sur les mêmes substances, avec le concours d'une température artificielle de 35 à 40 degrés au bain-marie. Pour ne parler ici que des matières albuminoïdes, la *fibrine* a été digérée dans l'estomac en une heure et demie, le *gluten cuit* en deux heures, la *caséine* en trois heures et demie, l'*albumine coagulée* en six heures ; les *tissus fibreux*, tels que tendons et ligaments, en dix heures. Quant au *mucus*, quels qu'aient été son état et sa forme, il a toujours été réfractaire à l'action digestive et a été constamment évacué comme produit excrémentitiel.

(1) *Traité analytique de la digestion*, p. 254 et suiv.

Bien évidemment, pour donner à des expériences comme celles de W. Beaumont une valeur incontestable, il aurait fallu pouvoir répéter chacune d'elles un très grand nombre de fois sur un grand nombre d'individus ; alors seulement se fussent évanouies les objections qui se fondent sur une idiosyncrasie spéciale. Toutefois, en reconnaissant combien laisse à désirer cette question de la digestibilité des principaux aliments dont l'homme se nourrit, il est permis de présenter comme résultats de l'observation vulgaire et de l'expérience générale les corollaires suivants :

1° La viande des mammifères se digère un peu moins vite que celle des oiseaux, beaucoup moins facilement que celle des poissons; elle est plus digestible étant rôtie que frite ou bouillie; 2° la volaille blanche se digère mieux que la volaille noire et le gibier; 3° la chair des poissons frais est plus digestible que celle des poissons salés; 4° le lait est plus facile à digérer que tous les aliments précédents, le poisson frais excepté; le lait cru est mieux digéré que le lait cuit, la crème mieux que le beurre et le fromage; 5° les œufs à peine cuits sont d'une digestion à peu près aussi rapide que le laitage; l'albumine liquide est digérée bien plus vite que l'albumine coagulée; 6° les tendons, les membranes des artères, les cartilages, les os, pendant la durée ordinaire d'une digestion (de trois ou quatre heures) n'éprouvent pas d'altération notable; 7° la graisse, les huiles, séjournent très longtemps dans l'estomac, entravent les phénomènes de la digestion, et peuvent à juste titre être regardées comme des aliments indigestes quand elles sont prises en grande quantité; 8° parmi les aliments végétaux les plus digestibles, se trouvent les féculents (cuits), qui sont digérés aussi vite que le lait, les œufs demi-cuits et le poisson frais; le pain *rassis* de froment est plus digestible que la pâtisserie et les pommes de terre; 9° les fruits cuits et les légumes frais sont des plus faciles à digérer; 10° quant à l'épisperme et au péricarpe, absolument réfractaires s'ils ne sont pas d'abord broyés, ils empêchent la digestion des substances alimentaires qu'ils renferment; aussi a-t-on vu certaines graines non décortiquées parcourir tout le tube digestif et néanmoins conserver leur faculté germinative.

XIII. De nos précédentes études sur la *digestion stomacale*, il résulte, entr'autres faits, que, pour qu'elle s'accomplisse, il faut, indépendamment des mouvements de l'estomac, une certaine température et surtout la présence d'un liquide (suc gastrique) dans des proportions et avec des qualités déterminées. Il nous reste à rechercher quelle peut être l'*influence du système nerveux* sur cette importante fonction.

Et d'abord, la production du suc gastrique est-elle ou non influencée par les nerfs de la huitième paire ou pneumogastriques? Les opinions les plus contradictoires ayant cours dans la science, j'ai exécuté, en vue de ce problème, différentes expériences dont voici les résultats :

Un jour et quelquefois deux jours après la résection de la huitième paire, au cou, j'ai fait boire du lait à des chiens qui déjà avaient jeûné pendant vingt-quatre ou trente-six heures avant l'opération, et constamment ce liquide s'est tout d'abord caillé en totalité ou en partie, soit qu'il ait été partiellement vomi quelque temps après son ingestion, soit qu'il ait été retenu en totalité dans l'estomac : je n'ai pu d'ailleurs constater la moindre différence entre ce qui avait lieu dans ce der-

nier cas, et ce que j'observais sur les chiens intacts me servant de termes de comparaison; en effet, dans l'un et l'autre cas, les vaisseaux chylifères étaient plus ou moins remplis d'un chyle lactescent. Cette expérience, qui plus loin sera confirmée par d'autres expériences beaucoup plus probantes, tend au moins à faire supposer que l'activité spéciale de la pepsine ou de l'acide n'était point diminuée.

Sur d'autres animaux vivants de la même espèce, qui, la veille, avaient subi la précédente opération, après avoir incisé l'estomac et l'avoir débarrassé en certains points de son enduit muqueux, j'ai vu, à la suite d'un léger frottement ou de l'emploi de l'électricité, suinter de ces mêmes points un liquide limpide *à réaction acide* très prononcée. Surtout depuis 1842 (*), je n'ai jamais manqué de reproduire ces faits dans mes cours de vivisections.

Mais, dans d'autres expériences comparatives, faites sur des chiens dont les uns avaient les nerfs vagues intacts et dont les autres avaient subi la résection de cette paire nerveuse depuis vingt-quatre heures, il m'a été facile de reconnaître *de visu*, à l'aide d'excitations portées directement sur la muqueuse de l'estomac mise à découvert, que, chez ces derniers, les *gouttelettes* de fluide gastrique étaient *moins abondantes*.

J'avais déjà souvent eu occasion de remarquer qu'après la section intra-crânienne du trijumeau, la salive et les larmes étaient aussi sécrétées en moins grande abondance. Or, la même théorie me paraît devoir s'appliquer au pneumogastrique et au trijumeau dans les divers cas dont il s'agit. Ces deux nerfs sont richement pourvus de *fibres organiques* ou *végétatives*, émanées à la fois de leurs ganglions propres et de ceux du grand sympathique. Parmi ces fibres, qu'on suppose présider à toutes les opérations chimiques de l'économie, les unes, forcément associées aux filets sensitifs du pneumogastrique, aboutissent avec eux à la surface interne de l'estomac, les autres y parviennent par l'entremise des nerfs splanchniques et des ganglions solaires. En divisant, au niveau de la région cervicale, la huitième paire, on supprime donc le concours au moins des nombreuses fibres végétatives qui empruntaient à on *plexus ganglionnaire* ou peut-être à l'encéphale lui-même leur influence spéciale; d'où l'activité moindre d'un phénomène qui leur était partiellement soumis (sécrétion du suc gastrique). Les muqueuses sensoriales et les organes sécréteurs qui en sont des dépendances, ne reçoivent-ils pas aussi des fibres végétatives dont les unes, telles que celles qui proviennent du ganglion semi-lunaire, accompagnent les filets sensitifs du trijumeau, dont les autres, indépendantes de ce nerf, émanent soit du ganglion cervical supérieur, soit des ganglions céphaliques du grand sympathique? Au point de vue auquel je me place, il y a donc analogie évidente entre la muqueuse de l'estomac et les muqueuses des organes sensoriaux; et, si des expériences directes démontrent l'influence du trijumeau et celle du grand sympathique sur la nutrition et les sécrétions de ces derniers organes, d'autres prouvent aussi que la section des pneumogastriques n'entraîne pas plus la suppression *absolue* du fluide gastrique, que la section du trijumeau n'entraîne la suppression absolue de la salive et des larmes.

Je m'empresse d'ajouter que d'observations pathologiques suffisamment nombreuses il résulte qu'évidemment la part d'influence, exercée ici par le pneumogastrique ou le trijumeau, ne saurait être *directement* attribuée à leurs fibres sensitives. En effet, il n'est pas rare de voir les maladies isoler, dans le trijumeau en

(*) Époque de la publication de mon *Traité d'anat. et de physiol. du système nerveux*.

particulier, le rôle des fibres sensitives de celui qui est dévolu aux fibres orga niques, c'est-à-dire qu'il peut y avoir anesthésie absolue des muqueuses senso riales (oculaire, nasale, buccale en partie), et néanmoins persistance des sécrétion propres à ces muqueuses ou aux glandes qui leur sont annexées (1). Il en est de mêm de la membrane muqueuse de l'estomac, rendue insensible par la section des pneumc gastriques; elle peut, sous l'influence des nombreuses fibres végétatives du gran sympathique, continuer à sécréter ses fluides spéciaux. Toutefois, je ne veux pa nier le consensus existant entre les nerfs sensitifs et les nerfs organiques ; ce qu je nie, comme contraire aux données pathologiques et aux expériences, c'e que ce consensus soit *indispensable* à la sécrétion des fluides indiqués. Une soli darité évidente n'existe-t-elle pas aussi entre les nerfs sensitifs et les nerfs mc teurs, et pourtant on voit tous les jours la suspension fonctionnelle des uns ne poir entraîner nécessairement celle des autres? Schiff (2), qui admet comme m l'influence des fibres végétatives du grand sympathique sur la sécrétion de l'estc mac, a fait, sur les points des centres nerveux qu'il suppose donner origine à c fibres, des expériences dont il a exposé les intéressants résultats devant la Socié d'histoire naturelle de Francfort. Cet habile observateur a décrit, avec les plus minu tieux détails, les altérations de la muqueuse stomacale qu'il avait ainsi déterminée

Nous venons de démontrer qu'après la résection de la huitième paire, la sécrétic du fluide gastrique persiste, mais aussi qu'elle est moins abondante : il impor maintenant de savoir ce que deviennent, après cette opération, les substances al mentaires introduites dans l'estomac, si elles sont ou non digérées.

Suivant Baglivi (3), Haller (4), de Blainville (5), Brodie (6), Legallois (7 Wilson Philip (8), etc., les forces digestives sont absolument anéanties quelques-uns de ces expérimentateurs assurent que les aliments subissent la fe mentation putride. Au contraire, d'après Magendie (9), Broughton (10), Leur et Lassaigne (11), etc., l'influence de la huitième paire sur la chymification sera nulle ou presque nulle. Le plus grand nombre des physiologistes admettent que c acte important n'est pas tout à fait suspendu, et qu'il est seulement ralenti d'un manière très notable : Breschet, Milne Edwards et Vavasseur (12), Tiedemann Gmelin (13), Ware (14), Mayer (15), Brachet (16), J. Müller et Dieckhoff (17), etc partagent cette opinion.

Ayant examiné avec détails, dans un autre ouvrage (18), les recherches qui o

(1) C. JAMES (*Thèse inaug.*, 7 décembre 1840) a rapporté un cas de ce genre, remarqual surtout par la durée de l'affection, qui fut de deux années.

(2) *Archives physiologiques de Tubingue*, 1847 et 1850.

(3) *Opera omnia Dissert. de experim. anatom. practic.* Lugd., 1710, p. 676.

(4) *Elem. physiol.*, t. I, p. 462. Lausanne, 1757.

(5) *Proposit. extraites d'un essai sur la respiration. Thèse inaug.*, 1808, n° 114, p. 33.

(6) *Philosoph. Transact.* 1811.

(7) *OEuv. compl.*, édit. de 1830, notes de Pariset, t. I, p. 190 et 191.

(8) *An Experim. Inquiry into the Laws of the Vital Functions*, 2e édit. London, 1818.

(9) *Précis élém. de physiol.*, t. II, p. 102. 1825.

(10) *Quaterly Journ. of Scienc.*, etc., n° 20, p. 308. 1825.

(11) *Rech. physiol. et chim. sur la digest.* 1825, p. 219.

(12) *Arch. génér. de médec.*, t. II, p. 481. 1823 ; et t. VII, p. 187. 1825.

(13) *Rech. expérim. sur la digest.* Trad. de Jourdan, 1re partie, p. 372. 1827.

(14) *The North-Amer. Med. and Surg. Journ.* 1828.

(15) *Zeitschrift für Physiol.*, von TIEDEMANN, t. II, p. 78.

(16) *Rech. sur le syst. nerv. gangl.* 1837, p. 228.

(17) *Manuel de physiol.* de MÜLLER, t. I, p. 452. Trad. de Jourdan.

(18) LONGET, *Traité d'anat. et de physiol. du syst. nerv.*, t. II, p. 334 et suiv. Paris, 1842.

trait à ces diverses manières de voir, je donnerai surtout ici les résultats des expériences que j'ai faites, en partie, depuis sa publication. Ces expériences ont été exécutées le plus souvent sur des chiens adultes, et, dans presque toutes, les aliments n'ont été forcément ingérés dans l'estomac que vingt-quatre heures après la résection des nerfs de la huitième paire. En agissant de la sorte, j'ai voulu prévenir une objection capitale que l'on peut adresser aux expériences antérieures aux miennes, savoir : que, pendant le temps écoulé entre l'ingestion préalable des aliments et la section de cette paire nerveuse, il a dû en effet se sécréter une certaine quantité de suc gastrique, qui, sans cette condition de l'expérience, aurait pu ne pas se produire.

Chaque jour, je poussais dans l'estomac une faible quantité d'aliments qui n'étaient vomis que dans des cas assez rares, cas desquels d'ailleurs il était tenu compte. Les aliments mis en usage le plus ordinairement se composaient d'un mélange de pain et de *fromage d'Italie* (viande de porc, etc., hachée). Vers le second, le troisième ou le quatrième jour, suivant le degré d'énergie des animaux, je tuais ceux-ci, douze, dix-huit ou vingt heures après leur dernier repas, et je trouvais l'estomac ou complétement vide, ou renfermant une quantité d'aliments bien inférieure à celle qui avait été administrée ; assez souvent, par suite de la lenteur de la digestion, il y avait encore plus ou moins de chyle blanc dans les vaisseaux lactés (1). Au contraire, presque toutes les fois qu'il m'est arrivé d'ingérer dans l'estomac de ces animaux une masse alimentaire considérable, elle n'a été, au bout du même laps de temps, chymifiée qu'à sa surface, et n'a présenté, dans son centre, aucune altération.

Ces résultats comparatifs me semblent prouver que la section des nerfs vagues porte une grave atteinte à la chymification, en la retardant, *surtout* parce qu'elle paralyse les mouvements propres de l'estomac (*) : en effet, quand il s'agit d'une masse alimentaire volumineuse, ces mouvements ne sont-ils pas indispensables pour brasser, pour mélanger, avec le suc gastrique, ses diverses parties et pour expulser celles-ci de la poche stomacale à mesure qu'elles sont suffisamment chymifiées? Au contraire, ne doivent-ils pas perdre beaucoup de leur importance quand il s'agit d'une quantité assez faible d'aliments, qui se prête aisément à l'action pénétrante et dissolvante du suc gastrique?

Nous croyons devoir ajouter que Bidder et Schmidt (2), qui n'ont pu constater aucune différence sensible, sous le rapport de la composition, dans le suc gastrique obtenu avant ou après la section de la paire vague, disent pourtant lui avoir reconnu, dans le dernier cas, une faculté dissolvante moindre relativement aux matières albuminoïdes ; et qu'après cette section Kölliker et Müller (3), en le recueillant au moyen d'une fistule gastrique, l'ont trouvé moins acide. Comme nous, par conséquent, ces divers auteurs reconnaissent que le suc gastrique continue à se produire, mais avec quelque affaiblissement dans ses réactions. Cl. Bernard (4), qui admet que la section des nerfs vagues arrête complétement la digestion

(1) SÉDILLOT assure être parvenu, en rendant les repas plus fréquents et moins copieux, à faire vivre, *pendant plusieurs semaines*, des chiens auxquels il avait excisé une grande longueur des nerfs pneumogastriques.

(*) Toutefois, il faut aussi tenir compte de la diminution réelle de la sécrétion du suc gastrique après cette opération, diminution que nous avons dit plus haut avoir constatée de *visu*.

(2) *Ouv. cit.*, p. 93.
(3) *Verhandlung der physik.-med. Gesellschaft zu Würzburg*, 1855.
(4) *Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, année 1844, t. XVIII, p. 995.

et la sécrétion du suc gastrique, dit que, si après cette section on donne à un chien de l'*émulsine* et une demi-heure plus tard de l'*amygdaline*, l'animal meurt empoisonné par l'acide cyanhydrique qui résulte du mélange de ces deux substances dans l'estomac, mais que la mort n'a pas lieu chez l'animal dont les nerfs vagues sont intacts, attendu que l'émulsine est déjà modifiée ou digérée quand on administre l'amygdaline. J. Müller et Valentin (1), ayant répété cette expérience sur des lapins, ont vu l'empoisonnement survenir dans les deux cas, c'est-à-dire avec ou sans la section des nerfs vagues.

BILE.

Nous avons terminé l'étude des phénomènes de la digestion qui s'accomplissent *dans l'estomac.* Il nous reste maintenant à parler de ceux qui se passent *dans l'intestin*, et des différents liquides (bile, suc pancréatique, suc intestinal) qui concourent à les produire. L'action isolée de chacun de ces liquides fixera d'abord successivement notre attention; puis viendra l'étude de leur action simultanée, puisqu'en définitive ils sont appelés à agir ensemble sur les matières alimentaires déjà imprégnées de salive et de suc gastrique.

I. Il ne peut être question ici que de rechercher quelle part revient à *la bile* dans la digestion intestinale; les autres fonctions dévolues à l'organe sécréteur de ce fluide seront examinées ailleurs.

Qu'on envisage, ainsi que nous allons le faire, la bile comme intervenant dans l'acte de la digestion, ou qu'on la considère comme simple produit de sécrétion, toujours est-il qu'il importe de se rappeler tout d'abord ses principaux caractères et sa composition chimique. Quoiqu'un grand nombre de chimistes s'en soient occupés, on n'est pourtant pas encore bien fixé sur sa nature: cela tient à la grande mobilité, aux métamorphoses si faciles et si nombreuses de ses principes constituants en présence des agents chimiques.

La bile, d'après les travaux les plus récents, ne serait essentiellement qu'une dissolution de deux sels à base de soude : le *cholate* et le *choléate de soude.* On y trouverait en outre de petites quantités d'une substance grasse cristallisable, la *cholestérine* (Chevreul), des acides gras et divers sels à base de potasse, de soude, d'ammoniaque et de magnésie, avec bien d'autres matières accessoires ou accidentelles. L'étude des deux acides caractéristiques de la bile (cholique et choléique) nous apprendra pourquoi on a fait tant de recherches sur ce fluide sans presque jamais s'accorder sur sa composition; elle nous démontrera aussi que les produits assez nombreux qu'on en a tirés, loin de préexister, ne sont que le résultat de métamorphoses.

La bile est un liquide visqueux, filant, ordinairement coloré en vert foncé, doué d'une odeur nauséabonde et d'une saveur amère qui laisse un arrière-goût fade et douceâtre. Versée dans l'eau, elle gagne d'abord le fond du liquide, et si on l'agite, elle se dissout presque totalement, en formant une liqueur mousseuse. La bile dissout facilement les matières grasses acides, ce qui l'a toujours fait considérer comme une espèce de savon. Sa réaction est généralement alcaline, d'autres fois elle est neutre; on ne l'a vue acide que dans des cas excep-

(1) CANSTATT'S *Jahresbericht*, etc., 1844, p. 220.

tionnels. Ce fluide s'altère promptement à l'air, et, en s'y putréfiant, dégage une odeur des plus fétides. La chaleur le coagule ; divers acides y déterminent un précipité abondant. Sous l'influence de l'acide nitrique, la bile devient d'abord plus verte, puis bleue, rouge et enfin jaune (1).

L'examen microscopique y fait découvrir : 1° des corpuscules à forme géométrique, qu'on a supposés être de la *cholestérine* à l'état de suspension ; 2° des plaques de matière colorante, d'un jaune légèrement verdâtre et ordinairement irrégulières ; 3° des globules provenant du mucus de la vésicule biliaire et pouvant être précipités par l'alcool ; 4° des cellules d'épithélium peu abondantes et provenant probablement des conduits excréteurs les plus volumineux ; 5° enfin des gouttelettes graisseuses bien caractérisées, mais en petit nombre.

Quoique des travaux ultérieurs aient établi que la plupart des matières signalées autrefois par Thenard, Berzelius, et surtout par Tiedemann et Gmelin, résultent de la décomposition des principaux matériaux de la bile sous l'influence des agents chimiques, nous n'en croyons pas moins devoir réserver à ces premières analyses une mention spéciale :

Analyse de Thenard (bile de bœuf) (2).

Eau	875,6
Résine biliaire	30,0
Picromel	75,4
Matière jaune particulière	5,0
Soude	5,0
Phosphate de soude	2,5
Chlorure de sodium	4,0
Sulfate de soude	1,0
Sulfate de chaux	1,5
Traces d'oxyde de fer	»
	1000,0

Analyse de Berzelius (bile de bœuf) (3).

Eau	90,44
Matière biliaire (y compris la graisse)	8,00
Mucus de la vésicule	0,30
Extrait de viande, chlorure de sodium et lactate de soude	0,74
Soude	0,41
Phosphate de soude et phosphate de chaux	0,11
	100,00

Analyse de Tiedemann et Gmelin (bile de bœuf) (4).

1° Un principe odorant qui passe à la distillation ;

2° La choline ou graisse biliaire, ou cholestérine ;

3° La résine biliaire ;

4° L'asparagine biliaire ;

5° Le picromel ;

6° Une matière colorante ;

7° Une matière très azotée, faiblement soluble dans l'eau, insoluble dans l'alcool à froid, mais soluble dans ce réactif à chaud ;

8° Une matière animale (gliadine ?) insoluble dans l'eau, mais soluble dans l'alcool à chaud ;

9° Une matière soluble dans l'eau et l'alcool, et précipitable par la teinture de noix de galle (osmazôme ?) ;

(1) On doit à Pettenkofer un moyen de reconnaître la présence de la bile dans les liquides de l'économie animale. On mêle le liquide, que l'on suppose contenir de la bile, avec les deux tiers de son volume d'acide sulfurique concentré, en ayant soin que la température du mélange ne dépasse pas + 60° ; on y ajoute ensuite quelques gouttes d'une dissolution faite avec une partie de sucre de canne et quatre parties d'eau : on agite le mélange, qui acquiert presque immédiatement une belle couleur violette.

(2) *Traité de chimie* de BERZELIUS, trad. franç. par Esslinger, t. VII, p. 192. Paris, 1833.

(3) *Ouv. cit.*, t. VII, p. 189.

(4) *Recherches expérimentales sur la digestion*, traduction de Jourdan, 1re partie, p. 83. Paris, 1827.

10° Une matière qui répand une odeur urineuse quand on la chauffe :

11° Une matière soluble dans l'eau, insoluble dans l'alcool, et précipitable par les acides (matière caséeuse, peut-être avec de la matière salivaire?);

12° Du mucus;

13° Du bicarbonate d'ammoniaque;

14° Des margarate, oléate, acétate, bicarbonate, phosphate et sulfate de soude (avec peu de potasse);

15° Du chlorure de sodium;

16° Du phosphate de chaux;

17° De l'eau, qui s'élève à 91,51 pour 100.

Dans un travail remarquable par sa précision et sa netteté, H. Demarçay (1), revenant à l'idée ancienne qui assimilait la bile à un savon, est arrivé à des résultats beaucoup plus simples: pour lui, la bile résulte essentiellement de la combinaison de la soude avec un acide résineux et azoté, qu'il nomme *acide choléique.* Le choléate de soude serait donc le principe caractéristique de la bile. Voici l'analyse due à Demarçay (bile de bœuf) : eau, 875; choléate de soude, 110; matières colorantes, matières grasses diverses, mucus, etc. = 5; sels divers, 10; = 1,000.

Les recherches plus récentes de Strecker (2), dont la plupart des chimistes admettent aujourd'hui les résultats comme exacts, ont appris qu'on doit regarder la bile comme une combinaison de soude avec deux acides organiques azotés, au lieu d'un seul. Ces deux acides sont : l'*acide cholique*, qui ne contient pas de soufre, et l'*acide choléique*, qui en renferme une proportion assez notable. Du reste, il importe de noter que Strecker, dans la détermination des éléments constituants de la bile, s'est appliqué à exclure tout traitement par les acides et les alcalis, qui dédoublent et transforment ces mêmes éléments; il s'est borné à évaporer lentement le fluide biliaire et à traiter par l'éther, par l'alcool, par l'eau et l'acétate de plomb, le produit de l'évaporation.

L'acide cholique, dont la formule est $C^{52} H^{43} Az O^{12}$, cristallise en aiguilles incolores, qui sont solubles dans l'eau, dans l'éther et l'alcool. La potasse bouillante le dédouble en *acide cholalique*, en *glycocolle* et en *eau;* puis, si l'action de cet alcali se prolonge au delà de certaines limites, l'acide cholalique se transforme lui-même en *dyslysine*, corps neutre, qui ne diffère de l'acide qui l'engendre que par les éléments d'une molécule d'eau de plus. Quand, au lieu de la potasse, on fait agir des acides minéraux puissants, on obtient, avec l'acide cholique, une série de réactions semblables aux précédentes; seulement l'acide cholalique est remplacé par l'*acide choloïdique*, acide susceptible de se transformer à son tour si l'action est trop prolongée.

Ainsi l'*acide cholique*, qui préexiste dans la bile, peut engendrer quatre corps différents qui sont des produits de l'art : la *glycocolle*, l'*acide cholalique*, la *dyslysine* et l'*acide choloïdique.*

Les cholates alcalins de la bile (ou glykocholates de Lehmann) sont solubles dans l'alcool; ils précipitent l'azotate d'argent, l'acétate neutre et le sous-acétate de plomb. Leur saveur est à la fois amère et sucrée.

L'acide choléique, qui est aussi préexistant dans la bile, n'a pas encore été obtenu à l'état de pureté. Mais on sait que cet acide est azoté, qu'il renferme

(1) *De la nature de la bile* (*Annales de chimie et de physique*, t. LXVII, p. 177. année 1838).

(2) *Annal. der Chem. und Pharm.*, t. LXV, p. 1; t. LXVII, p. 1; t. LXX, p. 149.— *Id.* dans *Journal de pharmacie*, 1848, t. XIII, p. 215; 1849, t. XV, p. 153, et t. XVI, p. 450.

beaucoup de soufre, et que, sous l'influence des alcalis bouillants et des acides minéraux il réagit à la manière de l'acide cholique, en donnant toutefois de la *taurine* au lieu de glycocolle (1).

Les choléates alcalins (ou taurocholates de Lehmann) sont cristallisables, insolubles dans l'éther, très solubles dans l'eau et dans l'alcool. Leur saveur est à la fois amère et sucrée comme celle des cholates. Ils ne troublent pas les dissolutions d'acétate neutre de plomb et d'azotate d'argent; mais ils précipitent l'acétate de cuivre rendu légèrement ammoniacal et le sous-acétate de plomb. Tous les choléates, chauffés avec un mélange de sucre de canne et d'acide sulfurique, se colorent en violet.

Quant à la *taurine*, qui n'est qu'un produit artificiel, puisqu'elle se forme aux dépens de l'acide choléique traité par les alcalis ou les acides, elle représente un corps neutre, fixe et cristallisable en prismes hexaédriques, réguliers, terminés par des pyramides à quatre ou six faces. Ces cristaux sont incolores; ils croquent sous la dent; leur saveur est piquante. Soluble dans l'eau chaude, la *taurine* est presque insoluble dans l'alcool absolu. Sulfurée comme l'acide choléique dont elle procède, elle se convertit en acide sulfureux, en acide acétique et en ammoniaque, quand on vient à l'évaporer avec une dissolution de potasse jusqu'à consistance d'extrait.

De ce qui précède, il résulte qu'on peut extraire de la bile cinq corps qui n'y préexistent point; de plus, comme il est vraisemblable que plusieurs d'entre eux se modifient sous l'influence des réactifs, on conçoit qu'on ait parfois rencontré dans le fluide biliaire bien d'autres substances qu'on n'a pu y retrouver plus tard.

Les métamorphoses des principes constituants essentiels de la bile peuvent se résumer dans le tableau suivant :

Acides préexistants dans la bile . . . . =	A. cholique. . .	A. choléique.
Par l'action des alcalis, ils donnent.	A. cholalique. . glycocolle. . dyslysine . .	A. cholalique. taurine. dyslysine.
Par l'action des acides puissants, ils donnent.. .	A. choloïdique. glycocolle. . dyslysine. .	A. choloïdique. taurine. dyslysine.

Les transformations des acides biliaires ne sont pas exclusivement l'effet de l'action de nos réactifs. Aux yeux de divers chimistes, elles ont lieu aussi, du moins en grande partie, dans l'économie vivante. Au moment où la bile se déverse dans le duodénum, elle commence à se métamorphoser et elle ne se présente plus à l'état pur dans aucune partie des intestins. A mesure qu'elle approche du rectum, la quantité d'acide choloïdique et d'acide cholalique augmente; il se produit de l'ammoniaque et de la taurine, et, à la fin, la bile ne renferme plus trace de ces acides primitifs (2).

Il est donc probable, comme nous le verrons par la suite, qu'aucune partie organique de la bile ne retourne en nature dans le sang et que la portion qui est absorbée n'est que de la bile transformée.

(1) STRECKER et GUNDELACH (*Annalen der Chemie und Pharmacie*, 1847, t. LXII, p. 205), ayant analysé la bile du porc, y ont trouvé un acide particulier, qu'ils ont appelé *acide hyocholéique*. Cet acide y est uni avec la soude, et n'a été encore rencontré que dans la bile de cet animal.

(2) MALAGUTI, *Leçons de chimie*, 2e partie, p. 375. Paris, 1853.

Du reste, quel que soit le rôle que la bile joue dans la digestion, il est assez difficile de le rattacher aux substances signalées plus haut, et il en est de même de celles dont il nous reste à faire mention : tels sont les matières grasses, les matières colorantes, divers sels minéraux, l'eau, le mucus, etc.

La *cholestérine*, les acides *margarique* et *oléique*, dont Chevreul (1) a démontré la présence dans la bile normale (*), y sont tenus en dissolution par le cholate et le choléate de soude, qui jouissent de la propriété de dissoudre les corps gras. La cholestérine est cristallisable en lames brillantes; quoique douée des autres caractères physiques des corps gras, elle n'est pas saponifiable, n'est fusible qu'à + 137°, et ne se métamorphose que sous l'influence d'actions très puissantes ; aussi aurait-on peine à comprendre qu'avec de pareilles propriétés elle pût prendre une part directe à la transformation des aliments. Si, d'ailleurs, l'on considère que cette matière grasse particulière se dépose parfois dans la vésicule sous forme de calculs, on sera porté à la regarder plutôt comme un produit destiné à être expulsé de l'organisme, et, par conséquent, dépourvu d'action immédiate en lui.

La *biliverdine* est la matière colorante verte de la bile (Berzelius); elle contient de l'azote et du fer, et par sa composition, se rapproche de l'hématosine. Pulvérulente, amorphe, caractérisée par sa couleur verte variant de la teinte jaune verdâtre à la nuance vert foncé, elle est insoluble dans l'eau et soluble dans l'alcool ou l'éther. Ses dissolutions sont rouges par transmission et vertes par réflexion. L'acide acétique et les alcalis colorent la biliverdine en jaune. Elle disparaît ordinairement de l'économie par expulsion au dehors avec les matières fécales. C'est elle qui, dans l'ictère, se concentre dans le sérum du sang et colore en jaune les humeurs et les tissus.

Pour beaucoup de chimistes il n'existe pas d'autre principe colorant de la bile que la biliverdine. Quant à la *bilifulvine* (matière colorante jaune), elle ne paraît point, en effet, exister normalement dans le fluide biliaire et n'est sans doute qu'un produit de métamorphose d'un de ses principes (2). La *cholépyrrhine* (**) ne semble pas non plus être autre chose que la biliverdine elle-même, et évidemment Berzelius, en admettant son existence, s'était laissé guider d'après les différences de couleur que présente la matière colorante de la bile, suivant les conditions de solidité ou de dissolution dans lesquelles on l'observe.

Parmi les *principes minéraux* que renferme la bile, c'est le chlorure de sodium qui prédomine. Nous savons déjà qu'on y trouve aussi des phosphates, des sulfates et des carbonates alcalins, de très petites proportions de phosphates et de sulfates terreux et des traces de sels de fer. Il est à noter que la bile des poissons de mer ne contient guère que des sels de potasse, tandis que celle des herbivores, en particulier, ne renferme à peu près que des sels à base de soude.

La proportion de l'*eau* qui se rencontre habituellement dans la bile est environ de 90 pour 100.

(1) Chevreul, *Mém. du Muséum d'hist. nat.*, t. XI.

(*) La *cholestérine* se rencontre aussi dans le cerveau, les nerfs, dans le sang et le jaune d'œuf. Les calculs biliaires sont formés de cholestérine à peu près pure.

(2) Berzelius, *Rapport annuel sur les progrès de la chimie*. Stockholm, 1841. Paris, *trad. franç.*, 1842, p. 323.

(**) De χολὴ, bile, et πυῤῥος, rouge (Berzelius).

Quant au *mucus* qui est mêlé à la bile, il provient à la fois des parois de la vésicule et de la surface des canaux excréteurs. L'addition de l'acide acétique ou de l'alcool le précipite. Il est remarquable que la bile se putréfie très vite quand elle renferme du mucus et qu'elle ne se putréfie que très difficilement, ou même point du tout, quand elle en est exempte. C'est principalement au mucus que la bile doit sa consistance visqueuse.

Terminons en rappelant que le *picromel* (Thenard) ne serait qu'un produit de l'art, c'est-à-dire de la glycocolle unie à des substances grasses, suivant les uns, ou bien un mélange de matière colorante et de divers sels, selon les autres. Dumas (1) donne le picromel comme synonyme de l'*acide bilique* de Liebig, de l'*acide choléique* de Demarçay, de la *matière biliaire* de Berzelius, et enfin du *sucre biliaire* de Gmelin.

A propos de synonymie ou d'analogie, rappelons encore que la *résine biliaire* (Thenard) serait un composé d'acides gras, d'une matière grasse neutre et du principe colorant de la bile, d'après Chevreul; que l'*acide fellique* de Berzelius n'est autre que l'acide choloïdique, et qu'enfin la *biline* de Mulder et de Berzelius paraît être un mélange de choléates et de cholates alcalins.

II. Comme nous le disions plus haut, il s'agira exclusivement dans les pages qui suivent du rôle de la *bile* dans les phénomènes de la digestion intestinale; son usage comme humeur excrémentitielle, aussi bien que les autres fonctions de l'organe sécréteur de ce fluide, seront étudiés dans une autre partie de cet ouvrage.

Galien et avec lui toute l'antiquité avaient embrassé l'opinion que la bile était sans influence sur la fonction digestive, et que le foie avait pour usage de séparer du sang venu de l'intestin les substances inutiles produites par la digestion, et de les excréter sous forme de bile. On peut lire dans Haller (2), au chapitre qui a pour titre « *Non bilis sit excrementum* », les noms des principaux partisans de cette opinion. Après la découverte des vaisseaux lymphatiques, en 1622 (*), qu'on crut d'abord *seuls* destinés à l'absorption intestinale, on cessa de regarder le foie comme un organe épurateur du sang, et l'on n'y voulut plus voir qu'une glande sécrétant un liquide plus ou moins digestif. L'opposition contre le rôle important que les anciens avaient attribué au foie fut telle qu'on alla même jusqu'à refuser toute influence à cet organe, et que Thomas Bartholin (3) crut devoir, à cette occasion, composer une épitaphe que nous reproduisons à cause de sa singularité (**). De nos jours, en restituant aux veines leur propriété absorbante, si vivement et si vainement contestée, les expérimentateurs ont contribué à rendre au foie toute son importance physiologique.

Mais il restait encore de l'incertitude sur la question de savoir si la bile est ou

(1) *Traité de chimie physiol. et méd.*, p. 586. Paris, 1846.

(2) *Elementa physiologiæ*, t. VI, p. 615.

(*) G. ASELLI, *De lactibus sive lacteis venis*, in-4°. Milan, 1627.

(3) *Vasa lymphatica nuper Hafniæ in animantibus inventa et hepatis exsequiæ*, p. 60. Hafniæ, 1653.

(**) Siste. Viator. Clauditur. Hoc. Tumulo. Qui. Tumulavit. Plurimos. Princeps. Corporis. Tui. Cocus. Et. Arbiter. Hepar. Notum. Seculis. Sed. Ignotum. Naturæ. Quod. Nominis. Majestatem. Et. Dignitatis. Fama. Firmavit. Opinione. Conservavit. Tamdiu. Coxit. Donec. Cum. Cruento. Imperio. Seipsum. Decoxerit. Abi. Sine. Jecore. Viator. Bilemque. Hepati. Concede. Ut. Sine. Bile. Bene. Tibi. Coquas. Illi. Preceris.

non indispensable à la digestion. Déjà l'opinion, qui ne voudrait voir dans la bile qu'un liquide sans aucune utilité dans l'acte digestif, avait été combattue par Haller en ces termes : « Bilem si natura voluisset de sanguine expurgare, effudisset in vicinia intestini recti, ne chylum sua admistione temeraret. Sed in omnibus animalibus bilis in principium intestini adfunditur, *ut nihil fere alimenti ad sanguinem veniat, quod cum ea non mistum fuit.* » (Op. cit. t. VI, p. 615.)

Pour juger cette question, il fallait empêcher la bile de s'écouler dans l'intestin, et observer si la digestion serait troublée par l'obstacle apporté au cours naturel de ce fluide. Brodie (1), et avant lui Blundell, entreprirent la ligature du canal cholédoque, puis plusieurs expérimentateurs suivirent cet exemple. Les résultats obtenus par Brodie furent équivoques et contradictoires : ils ne purent établir si la vie était possible sans l'afflux de la bile dans l'intestin, car la mort survenait rapidement par l'effet même de la rétention du fluide et des accidents qui en étaient la suite. Afin de les prévenir, Schwann (2) imagina d'établir une fistule de la vésicule biliaire, après la ligature du canal cholédoque. Sur dix-sept chiens soumis à cette expérience (et non dix-huit, comme on l'a répété), deux seulement survécurent en bonne santé, mais, chez eux, le canal cholédoque s'était rétabli; neuf moururent rapidement, et les six autres vécurent 7, 13, 17, 25, 64 et 80 jours. Schwann croit que, chez ces derniers, la mort a dépendu du trouble digestif occasionné par le défaut d'intervention de la bile. Ces six chiens commencèrent à maigrir dès le troisième jour après l'expérience, et, chez les quatre premiers d'entre eux, l'amaigrissement augmenta jusqu'à la mort. Quant aux deux autres, qui vécurent 64 et 80 jours, ils avaient, après un amaigrissement initial, presque recouvré leur poids primitif, puis recommencé à maigrir jusqu'au moment de leur mort; ce qui fit supposer à Schwann (3) que le canal lié pouvait s'être déchiré quelque temps avant la mort : mais, si cette hypothèse eût été fondée, on aurait dû trouver les traces d'un épanchement plus ou moins abondant de bile dans le péritoine, et il n'en existait pas. Nous verrons que la mort a été sans doute produite, en partie, par l'épuisement qui peut résulter de la perte continuelle et non compensée d'un liquide aussi riche que la bile en matières organiques et inorganiques; car, bien que les chiens lèchent souvent leur fistule, la plus grande partie du liquide biliaire se perd et s'écoule à l'extérieur.

Blondlot (4), en laissant la bile s'écouler librement au dehors, a vu un chien survivre pendant cinq ans à l'occlusion du canal cholédoque. Pendant les premiers jours qui succédèrent à l'opération, l'animal resta triste et abattu, il maigrit sensiblement; mais bientôt l'appétit reparut, l'embonpoint revint avec la gaieté et la vivacité ordinaires. On remarqua quelques bizarreries dans l'appétit de cet animal qui tantôt mangeait beaucoup de viande et refusait le pain, tantôt au contraire refusait la viande pour manger le pain avec avidité.

Schwann, au rapport de Frerichs (5), a répété ses premières expériences sur trente autres chiens, en prenant toujours soin d'obtenir l'évacuation régulière de la bile. Il observa encore qu'après l'amaigrissement qui suivait immédiatement l'opération, les animaux pouvaient recouvrer une partie de leur poids primitif :

(1) *Quaterly Journal of Science and the Arts.* 1823, p. 341.
(2) MÜLLER'S *Archiv*, 1844, p. 126.
(3) *Rec. cit.*, p. 157.
(4) *Essai sur les fonctions du foie et de ses annexes.* Nancy, 1846. — *Inutilité de la bile dans la digestion.* Nancy, 1851.
(5) WAGNER'S *Handwörterbuch der Physiol.*, t. III, p. 837.

mais à l'exception d'un chien qui vécut quatre mois, et d'un autre qui vécut un an, tous moururent dans un laps de temps assez court.

Nasse (1) a conservé pendant cinq mois un chien opéré de la même manière. L'appétit était très vif, l'animal mangeait quelquefois une quantité de viande double de celle qu'eût mangée un chien ordinaire de même taille; et cependant il mourut presque complétement privé de graisse. Pendant les premiers mois qui suivirent l'opération, il avait conservé son poids. Il souffrait beaucoup du froid dans les derniers temps de sa vie, et, d'après Nasse, il aurait probablement vécu encore longtemps, s'il n'avait été exposé à un froid trop vif.

Bidder et Schmidt (2) ont vu, dans deux expériences analogues aux précédentes, les animaux succomber au bout de 27 et 32 jours, après avoir perdu la moitié de leur poids et presque toute leur graisse. Ces animaux avaient, jusqu'à la mort, conservé un certain appétit et mangeaient à peu près 160 à 200 grammes de viande par jour. Mais cette quantité est insuffisante pour un animal à l'état normal et du poids de 6 kilogrammes; à plus forte raison, lorsqu'il porte une fistule biliaire, par laquelle s'écoule chaque jour, d'après ces auteurs, la *cinquantième partie du poids* de l'animal. Ces chiens, refusant de manger davantage, devaient, de toute nécessité, mourir d'inanition.

Ces deux expériences, peu satisfaisantes, en appelaient d'autres : il fallait que le choix tombât sur des chiens assez vigoureux pour qu'ils pussent prendre, après l'opération, une quantité d'aliments en rapport avec les dépenses normales augmentées de celles qu'occasionne la fistule biliaire. Bidder et Schmidt expérimentèrent sur deux autres chiens dans ces heureuses conditions. Un chien vigoureux du poids de 5,580 grammes, qui mangeait habituellement par jour 250 à 300 grammes de viande, fut opéré le 15 février : immédiatement après l'opération, il mangea 100 grammes de viande; dès le troisième jour, 630, et dès lors, en moyenne, 525 grammes par jour. Avec ce régime, il ne perdit ni de ses forces, ni de son poids, qui même augmenta un peu. Tué le 11 avril, il pesait 5,590 grammes; les muscles étaient bien nourris, mais le tissu graisseux avait sensiblement diminué, surtout sous la peau. Quant au second chien qui, avant d'être mis en expérience, mangeait 350 grammes de viande par jour, il en consomma 540 après l'opération. Mais quinze jours après, il y eut des indices, confirmés par l'autopsie, du rétablissement du conduit cholédoque.

De ce qui précède, il paraît résulter que *la bile n'est pas indispensable* au travail de la digestion en général, mais que néanmoins son écoulement continuel au dehors n'est compatible avec l'entretien de la vie que si une copieuse alimentation compense cette perte incessante.

III. De ce que la bile n'est pas indispensable au travail digestif, il ne s'en suit pas qu'elle ne l'aide point d'une certaine manière, si, conservant son cours habituel, elle parvient dans l'intestin. Peut-être la perte de la bile nécessite-t-elle, pour l'entretien de la vie, une nourriture plus abondante : 1° parce que, dans l'état normal, les principes nombreux de ce fluide versés dans l'intestin sont en partie résorbés, ce qui ne peut plus avoir lieu après l'établissement d'une fistule biliaire; 2° parce que la bile facilitant la digestion d'une certaine classe d'aliments, une

(1) *Commentatio de bile quotidie a cane secretâ.* Marbourg, 1851.
(2) *Die Verdauungssäfte*, p. 98.

grande quantité d'autres aliments, digestibles sans elle, devient nécessaire pour suppléer ceux qui ne sont plus qu'incomplétement digérés dans les cas de fistule biliaire. L'exposé et la discussion qui suivent pourront jeter quelque lumière sur ces questions.

Liebig (1) et, avec lui, beaucoup de physiologistes modernes, admettent que la bile est en grande partie absorbée dans l'intestin et que les produits de cette absorption, après avoir été utilisés par l'organisme et modifiés par la respiration, finissent par s'écouler avec les urines. La plupart des parties organiques de la bile, la soude, le soufre, etc., qu'elle contient, ne se retrouvent pas dans les matières fécales d'après les recherches de Liebig. Il est vrai que Mulder (2) pense, au contraire, que les éléments de la bile sont transformés dans l'intestin, puis expulsés avec les fèces.

Frerichs (3) a décrit avec soin les métamorphoses que divers éléments de la bile subissent dans l'intestin ; elles sont semblables, d'après cet auteur, à celles que produirait l'action des acides ou celle des alcalis. Sous l'influence du chyme *acide*, les substances solubles de la bile doivent se transformer en matières insolubles, surtout en *dyslysine*, dont la quantité augmente en descendant vers le rectum. Aussi la bile, en entrant dans l'intestin où elle rencontre le chyme, forme-t-elle un précipité qui, avec un peu de graisse et de *cholépyrrhine*, se présente sous l'aspect de petits flocons jaunâtres que l'on appelait autrefois « *chyle brut* (*). » Déjà Tiedemann et Gmelin en avaient reconnu la véritable nature. De ces faits, Frerichs conclut qu'une partie seulement de la bile peut être résorbée, mais que la plus grande partie devient insoluble et est rejetée avec les fèces. Il avoue, du reste, que la détermination de la quantité des éléments de la bile, contenus dans le chyme de l'intestin grêle, offre de grandes difficultés, et il croit qu'elle ne peut se faire qu'approximativement.

Mais il est évident que, pour résoudre la question de la *résorption de la bile*, il fallait d'abord savoir en quelle quantité ce liquide est secrété à l'état normal. C'est un point sur lequel on n'était pas fixé, et à propos duquel les auteurs avaient émis des opinions très diverses. Les estimations faites par Bianchi, Haller, Douglas Schultz, Bouisson, etc., ne reposent sur aucune donnée exacte.

Blondlot (4) est le premier qui ait cherché à déterminer directement la quantité de bile sécrétée en vingt-quatre heures, et il l'estime à 40 ou 50 grammes pour un chien de moyenne taille; mais il ne donne pas le poids de l'animal et ne paraît pas avoir pris toutes les précautions nécessaires pour ne rien perdre du liquide sécrété.

Nasse (5) et Platner (6), qui ont employé un appareil spécial pour recueillir

(1) *Die Thierchemie*, 3e édit., p. 70 (1re édit., 1842, p. 65).

(2) *Untersuchungen über die Galle*. Frankfurt, 1847, p. 160; et *Physiologische Chemie*, t. II, p. 996. Brunswick, 1851.

(3) *Ouv. cit.*, t. III, p. 339.

(*) On voit que, dans l'opinion déjà ancienne reproduite ici par Frerichs, c'est l'acide du chyme, à son entrée dans le duodénum, qui précipite la bile, et non (comme on a voulu l'établir récemment) la bile qui coagule l'*albuminose*, c'est-à-dire la partie de l'aliment azoté préalablement dissoute dans l'estomac par le suc gastrique. Avec L. Corvisart, j'ai constaté qu'en effet le précédent précipité, quelle que soit sa nature, ne se produit que dans un milieu acide, avec le suc gastrique pur et obtenu à jeun, aussi bien qu'avec l'albuminose, avec l'eau légèrement acidulée ou le suc gastrique acide débarrassé de la pepsine; qu'enfin ce même précipité disparaît en ajoutant un excès de bile *alcaline*.

(4) *Mem. cit.*, p. 61.

(5) *De copia et indole bilis a cane secreta*. Marbourg, 1851.

(6) *Dans sa traduction allemande de l'ouvrage* de Bouisson *sur la bile*. 1847, p. 49.

toute la bile sécrétée en vingt-quatre heures, disent qu'un chien, du poids de 10,100 grammes, sécrète par jour 200 grammes de bile. Ce résultat est d'accord avec ce qu'ont vu Bidder et Schmidt qui, d'après une série considérable d'expériences exécutées avec le plus grand soin et de diverses manières sur beaucoup d'animaux, ont tracé le tableau suivant (1) :

UN KILOGRAMME DE	DONNE EN 24 HEURES	
	Bile récente	Avec un résidu sec de
	gr.	
Chat	14,500	0,816
Chien.	19,990	0,988
Mouton. . . .	25,416	1,344
Lapin.	136,840	2,470
Oie	11,784	0,816
Corneille . . .	72,096	5,265

Ainsi un chien sécrète, en vingt-quatre heures, 1/50e de son poids de *bile;* un lapin, jusqu'à 1/8e de son poids, etc.

Bidder et Schmidt, ainsi que Blondlot et surtout Nasse, ont examiné l'influence sur la sécrétion de la bile, de divers états physiologiques, de différents régimes, de l'abstinence, de certains médicaments, etc. Mais ces recherches concernent plutôt l'étude de la sécrétion biliaire que celle de la digestion ; elles trouveront leur place ailleurs.

Après avoir établi les précédentes évaluations de la *quantité de bile* normalement sécrétée, Bidder et Schmidt (2) nourrirent exclusivement de viande, pendant cinq jours, un chien du poids de 8 kilogrammes. Les matières fécales expulsées, pendant ce temps, pesaient 97gr,3 renfermant : eau, 56gr,4 et résidu solide 40gr,9. Sur ce résidu, 9 grammes tout au plus représentaient les éléments de la bile.

Or, le résidu sec de la bile sécrétée en cinq jours aurait dû être de 39gr,52, c'est-à-dire presque égal au poids total du résidu solide : la plus grande partie de ce fluide a donc dû être absorbée dans l'intestin.

Le résidu sec de la bile du chien contient environ 6 pour 100 de soufre. La bile sécrétée en cinq jours devait donc en contenir 2gr,37 ; mais on n'en trouva dans les fèces que 0gr,384, dont 0gr,230 environ provenaient de poils avalés. Presque tout le soufre de la bile a donc été absorbé.

Par conséquent, suivant ces deux expérimentateurs, une grande partie de *la bile est résorbée dans l'intestin.* Une assez faible portion seulement se transforme en substance insoluble (*dyslysine*). Quant au mucus lui-même, qui se précipite au moment où la bile arrive dans l'intestin, il n'est pas rejeté en totalité, comme on pourrait le supposer, mais il est en partie dissous de nouveau lorsque le contenu de l'intestin est devenu alcalin par le concours du fluide pancréatique et du suc intestinal.

L'eau, le mucus redissous, le chlorure de sodium, le phosphate de chaux, le fer, le soufre, la soude, les phosphate, carbonate et lactate de soude : telles sont surtout les parties *résorbables* de la bile. En effet (hormis le mucus), ne sont-ce pas là des principes nécessaires, constants de beaucoup d'autres liquides et de

(1) *Ouv. cit.*, p. 209.
(2) *Ouv. cit.*, p. 217.

tissus animaux, des dissolvants de certaines substances organiques, des médiateurs indispensables de diverses transformations qui se passent au sein de l'économie animale? Dès lors, puisqu'aussi bien que les matériaux organiques eux-mêmes, ces matières sont destinées à l'entretien et au renouvellement des parties solides et liquides de l'organisme, celui-ci devait tendre à s'en emparer au lieu de les laisser perdre par les fèces? Il n'en est pas de même de certains principes résinoïdes ou des matières colorantes de la bile, ni en particulier de la cholestérine, que nous avons déjà dit être un de ces produits destinés à être expulsés de l'économie, et former d'ailleurs le plus grand nombre des calculs biliaires.

Quoique la bile soit en majeure partie résorbée, cela n'empêcherait pas qu'elle pût avoir quelque influence sur la digestion pendant le temps qu'elle séjourne dans l'intestin.

On lui a attribué des usages fort divers et plus ou moins importants, comme de neutraliser l'acidité du chyme, d'empêcher la décomposition putride des aliments dans l'intestin, d'exciter les mouvements et la sécrétion du tube intestinal, etc. La bile serait ainsi un auxiliaire de la digestion en général, d'après les uns; elle aurait, suivant les autres, une influence spéciale sur la digestion d'une certaine classe d'aliments (*matières grasses*). Que faut-il penser de toutes ces manières de voir?

On rapporte à Boerhaave l'opinion que la bile *neutralise le chyme*. Mais la bile, telle qu'elle est sécrétée par le foie, est neutre, et, dans la vésicule, elle est très faiblement alcaline (1) : cette alcalinité est due en partie à la décomposition de la bile, et en partie, au mucus de la vésicule. Dans les cas où la bile ne séjourne pas dans la vésicule après l'établissement d'une fistule biliaire, Blondlot (2) l'a trouvée neutre dans les premiers mois de l'expérience; cependant, sur le chien qui a survécu, il l'a vue redevenir alcaline après les premiers mois (3). La bile ne saurait donc neutraliser le chyme que dans une bien faible proportion, si elle n'était pas aidée par d'autres fluides intestinaux.

Mais s'il y a décomposition dans l'intestin, décomposition favorisée par la présence des ferments du suc intestinal et du fluide pancréatique, la bile pourra plus bas, vers le gros intestin, donner souvent naissance à de l'ammoniaque qui deviendra un agent plus puissant de neutralisation pour la bouillie alimentaire.

Bidder et Schmidt ont remarqué qu'après la ligature du canal cholédoque, les chiens étant nourris de substances végétales et féculentes, les excréments présentent une réaction fortement acide que l'on n'observe jamais chez ces animaux à l'état normal. Cette acidité ne provient pas essentiellement d'un défaut de neutralisation, mais de ce que la fermentation lactique est plus active dans ces conditions d'alimentation.

Quant à l'opinion qui attribue à la bile le pouvoir d'*empêcher la fermentation* des matières organiques, il est certain que ce fluide paraît gêner certaines fermentations, comme celle, par exemple, qui constitue la digestion stomacale. La bile n'est pourtant pas, d'une manière générale, contraire à toute fermentation ou décomposition. Elle-même se décompose avec une grande rapidité au contact

(1) Bidder et Schmidt, *Ouv. cit.*, p. 214.
(2) *Mém. cit. sur les fonctions du foie*, etc., p. 58.
(3) *Inutilité de la bile dans la digestion*, p. 6. Nancy, 1851.

du mucus de la vésicule, et l'on ne peut la conserver quelque temps qu'à la condition d'avoir précipité ce mucus qui agit comme ferment.

Si la bile est versée en assez grande abondance sur le chyme dès qu'il arrive dans l'intestin, elle empêche le suc gastrique, qui accompagne ce chyme, de continuer son action spéciale ou fermentifère sur les matières albuminoïdes; il ne peut plus se former d'*albuminose* (*). Celle qui se trouvait déjà formée étant rapidement absorbée, l'albumine dissoute qui se rencontre plus bas, dans l'intestin, est toujours coagulable par les acides et par la chaleur. C'est ce que l'on savait depuis longtemps et qu'on a voulu expliquer en admettant que la bile pouvait rendre la coagulabilité à l'albumine dissoute dans l'estomac (1) : mais on sait, à présent, que la matière albuminoïde qui a quitté l'estomac sans être digérée, peut encore se dissoudre plus bas dans l'intestin et devenir aussi incoagulable. D'ailleurs Schiff (2) s'est assuré, par des expériences directes, que l'albuminose obtenue par l'intervention du suc gastrique naturel ou artificiel ne peut plus reprendre sa coagulabilité par un contact prolongé avec la bile. Lehmann (3) dit qu'il n'a jamais pu, dans les conditions les plus variées, transformer, par la bile ou par un autre liquide, de la peptone (albuminose) en une matière coagulable par la chaleur ou par les acides. L'expérience contraire de Scherer (4) a déjà été réfutée par Valentin; et Frerichs (5) fait observer que des essais analogues, qui ne sont pas à l'abri de toute objection, ne lui ont qu'exceptionnellement réussi.

Depuis Saunders (6), on a souvent répété que la bile s'oppose à la *décomposition putride* des aliments dans l'intestin.

Tiedemann et Gmelin (7) disent que, chez les chiens auxquels ils avaient lié le canal cholédoque, le contenu des intestins exhalait une odeur putride, très désagréable, et que des gaz intestinaux s'étaient développés en grande quantité. Ils prétendent que la même chose a lieu chez les ictériques dont les flatuosités sentent fortement l'acide sulfhydrique. Leuret et Lassaigne, Eberle (8), Hoffmann (9) et plusieurs autres physiologistes sont aussi de l'avis de Saunders.

Herbert-Mayo a trouvé les matières, contenues dans l'intestin des chiens dont il avait lié le canal cholédoque, décolorées et exhalant une odeur des plus fétides; l'atmosphère seule de ces animaux était déjà presque insupportable.

Frerichs (10), après la même expérience, a constaté que le contenu de l'estomac était fortement acide, mais que, déjà dans la partie supérieure de l'intestin grêle, la réaction devenait alcaline. L'iléon était rempli de gaz. Dans le liquide filtré du chyme intestinal, il a trouvé ce corps particulier qui se colore en rose par l'acide nitrique, en bleu par l'acide chlorhydrique, que Virchow (11) a décrit comme un

(*) J'ai rapporté plus haut des expériences qui démontrent que le précipité qu'on observe alors ne résulte point de l'action de la bile sur l'*albuminose formée*, mais bien de l'action de l'acide du chyme ou acide du suc gastrique sur certains éléments de la bile elle-même.

(1) PROUT, *Meteorology and the Function of Digestion*, p. 508.
(2) *Mémoire lu à la Société d'hist. nat. de Francfort-sur-le-Mein.* Mai, 1850.
(3) *Physiol. Chemie*, t. II, p. 98. 1850.
(4) *Ann. der Chemie und Pharmacie*, t. XL, p. 9.
(5) *Ouv. cit.*, t. III, p. 836.
(6) *A Treatise on the structure and Diseases of the Liver*, p. 115. 1803.
(7) *Ouvr. cit.*, traduct. française, t. II, p. 71.
(8) *Physiol. der Verdauung*, p. 314.
(9) HESER'S *Archiv.*, t. VI, p. 157.
(10) *Ouv. cit.*, t. III, p. 839.
(11) HENLE und PFEUFFER, *Zeitschr.*, t. V, p. 213.

produit de la décomposition de la fibrine et que Bopp (1) considère comme provenant de la putréfaction des matières albuminoïdes en général : ce corps ne fu jamais rencontré par Frerichs dans l'intestin pendant la digestion normale. Il es vrai que Wehsarg (2), dans un travail récent, affirme l'avoir constamment trouv dans les fèces de l'homme.

Bidder et Schmidt (3) ont reconnu les mêmes signes de décomposition de matières digérées, le développement de gaz d'une odeur insupportable, etc., che tous les chiens qui portaient une fistule biliaire et qui étaient nourris de matière animales. Mais les gaz, quoique très abondants, et les fèces étaient presque ino dores, si ces animaux étaient nourris de pain seulement.

Blondlot croit que la plus grande partie de ces gaz est avalée par l'animal e léchant sa plaie : mais Bidder et Schmidt ont encore pu en constater la pré sence même, quand l'animal avait été mis, pendant dix jours, dans l'impossibili de lécher la bile sortant par la fistule.

Schwann ne parle ni des borborygmes, ni de l'odeur de ses animaux m en expérience; mais Blondlot (4) dit explicitement que les chiens, sur lesquels avait lié le canal cholédoque et établi une fistule biliaire, ne présentaient ni odeu anormale des excréments, ni borborygmes, quand on les avait empêchés de léch leur bile.

Les faits qui précèdent tendent à établir que la bile peut empêcher la décompo sition putride des matières contenues dans l'intestin, mais que cette décompos tion ne s'opère pas nécessairement dans tous les cas où il y a obstacle au cours (la bile dans le canal digestif. De la présence de l'acide lactique provenant d'al ments végétaux peut aussi résulter le même effet antiputride.

La bile excite-t-elle, comme on l'a prétendu, *les mouvements du canal intest nal?* Tiedemann et Gmelin (5) ayant observé que, dans les cas de ligature (canal cholédoque, les selles étaient rares, très sèches et comme terreuses, (conclurent que la bile devait exciter le mouvement péristaltique et les sécrétio du canal intestinal. Ils font remarquer que les évacuations alvines des ictériqu présentent ces mêmes caractères et qu'un excès de sécrétion biliaire cause de diarrhée.

Eberle (6) est du même avis : « Si, dit-il, on ouvre l'abdomen et que l'on com prime la vésicule pour faire passer la bile dans l'intestin, on voit bientôt se dév lopper les mouvements péristaltiques. L'expérience réussit mieux si l'animal (à jeun depuis quelque temps. Si ensuite l'on tue l'animal, non-seulement (observe les mouvements les plus vifs de l'intestin, mais sa cavité est plus ou moi remplie de matières sécrétées partout où il y a eu contact de la bile. »

Blondlot, Schwann, Nasse, Bidder et Schmidt ont toujours vu les selles maintenir très régulières sans le concours de la bile; ce qui ne s'accorde guè avec l'influence qu'on prête à ce fluide sur le mouvement péristaltique de l'intesti

Schiff (7) a le premier démontré en 1847, que la bile mise en contact av

(1) *Annalen der Chemie und Pharmacie*, t. LXIX.
(2) *Mikrosk. und chem. Untersuchung der Fæces gesunder Menschen*, Giessen, 1853.
(3) *Ouv. cit.*, p. 218.
(4) *Mém. sur les fonctions du foie*, p. 71.
(5) *Ouv. cit.*, traduct. franç., t. II, p. 71.
(6) *Ouv. cit.*, p. 314.
(7) *Archiv für physiol. Heilkunde*, t. IX, p. 60.

la fibre musculaire y fait naître les contractions les plus énergiques, et que, dans les muscles de la vie organique en particulier, elle détermine une contraction permanente et comme tétanique. Injectée dans le cœur, la bile l'arrête, dans la systole la plus énergique, plus promptement que la strychnine et même que le galvanisme. Budge (1) a confirmé ces observations, et de plus a constaté que la bile appliquée sur un nerf moteur, sans contact immédiat avec les muscles, détermine dans ceux-ci des mouvements convulsifs. Appliquée à nu sur la tunique musculaire de l'œsophage du chat ou de l'intestin grêle du lapin, la bile y provoque, d'après Schiff, une contraction permanente; mais, dans l'état normal, la bile ne peut pas agir ainsi, parce qu'elle est séparée de la tunique musculaire par la membrane muqueuse et l'épaisseur du tissu sous-muqueux. Aussi voit-on souvent des portions d'intestin qui, quoique remplies de ce fluide, ne sont nullement contractées. Mais Schiff a vu distinctement les *villosités* mêmes de l'intestin se contracter sous l'influence d'un contact prolongé avec la bile : cette contraction était bien distincte de celle qui a été décrite par Lacauchie (2) et par Kölliker (3) comme effet cadavérique, et les expériences de Schiff à ce sujet paraissent décisives. Il a constaté en outre que la bile, quand elle est mêlée au chyme, fait contracter très manifestement les muscles des grenouilles.

Il est donc probable que la bile, quoique mêlée au chyme et en partie précipitée par son acide, agit sur les *villosités intestinales* comme la bile seule. Mais il est bien difficile de le démontrer; car, si l'on met ce chyme en contact avec la muqueuse, on ne peut plus examiner les villosités, et si, après quelque temps, on essuie cette membrane, alors on exerce une irritation mécanique qui suffit, d'après les recherches de Brücke (4), pour y déterminer des contractions.

Tiedemann et Gmelin (5) croient que la bile versée dans l'intestin stimule sa membrane muqueuse et l'excite à sécréter davantage de suc et de mucus intestinaux. Eberle (6) admet aussi que la bile augmente la *sécrétion* du *suc intestinal*, parce qu'il a vu dans l'intestin, partout où il y avait contact de la bile, une espèce de mucus qu'il considérait comme du suc intestinal; mais il ne connaissait pas les caractères véritables de cette dernière sécrétion, et il paraît avoir pris, pour elle, le mucus précipité de la bile.

Il serait possible que la bile, en déterminant la contraction des fibres musculaires récemment découvertes dans la muqueuse des intestins par Middeldorpf, favorisât l'expulsion du produit de la sécrétion intestinale. Jusqu'à présent, dans des tentatives réitérées, jamais Schiff (7) n'a pu constater, chez les mammifères, de pareilles contractions sous l'influence de la bile.

La bile, par l'*eau* qu'elle renferme, sert à rendre le chyme plus liquide et à en faciliter l'absorption partielle suivant les lois de l'endosmose. C'est un des résultats certains, mais très accessoires, de la présence de la bile dans le tube intestinal. L'eau qu'elle contient, et qui arrive avec elle dans l'intestin, se résorbe avec la partie liquide et transformée des aliments.

(1) FRORIEP'S *Tagesberichte*, t. I, p. 343. 1852.
(2) *Études hydrotomiques et micrographiques*, p. 51.
(3) *Mikroskop. Anatomie*, t. II, p. 159.
(4) *Berichte der Wiener Akademie*, 1851.
(5) *Ouv. cit.*, traduct. française, t. II, p. 70.
(6) *Die Verdauung*, p. 314.
(7) Communication écrite.

III. Nous voici enfin arrivés à l'intéressante question de savoir si la bile concourt à la digestion d'une certaine classe d'aliments en particulier.

Quant aux *matières albuminoïdes et féculentes*, les analyses quantitatives de Bidder et Schmidt établissent que la bile n'agit guère autrement sur elles que l'eau pure. La digestion de ces substances ne paraît ni empêchée, ni ralentie, ni diminuée chez les animaux dont on a lié le canal cholédoque. L'amidon, digéré dans la bile putréfiée, peut se changer en glycose comme sous l'influence de tous les liquides en putréfaction; la bile fraîche est à peu près sans action sur lui. La glycose se transforme, en faible quantité, en acide lactique au contact de la bile; mais au contact de l'eau pure se produit souvent le même effet. Si l'on fait digérer la glycose avec de la bile, l'acide lactique formé met en liberté quelques acides gras de la bile solubles dans l'éther, et bientôt l'extrait éthéré devient plus chargé et plus abondant. Meckel ab Hemsbach (1) et Marchand, qui ont observé ce fait, ont cru que, sous l'influence de la bile, la glycose se transformait en graisse; mais Schiel (2), Van den Broek (3) et Frerichs (4) ont démontré la cause de cette erreur.

Rappelons-nous surtout que, sans le secours des autres sucs sécrétés dans l'intestin (fluide pancréatique, suc intestinal, etc.), la bile ne possède aucune action dissolvante à l'égard des aliments azotés incomplétement digérés par l'estomac.

Pour ce qui regarde les *matières grasses*, c'est une ancienne opinion que la bile les émulsionne et qu'elle les rend ainsi *plus absorbables*. On peut voir, dans Haller (5), quelques-unes des raisons alléguées en faveur de cette opinion dont il se déclare le partisan. Tiedemann et Gmelin (6) disent qu'il est probable que la bile opère la dissolution des corps gras. Leuret et Lassaigne (7), Bouchardat et Sandras (8) attribuent positivement à ce fluide la propriété de rendre la graisse soluble.

A l'appui de ces manières de voir, on a rappelé, entre autres faits, que les ictériques ne digèrent qu'incomplétement les corps gras, qui sont rendus inaltérés avec les fèces; que la bile est souvent employée comme savon par les dégraisseurs, etc.

Les expériences récentes de Lenz (9) tendent néanmoins à établir que la bile, telle qu'elle arrive dans l'intestin et qu'elle se mêle au chyme acide, ne peut guère dissoudre ou décomposer les corps gras, et que, si elle émulsionne les graisses liquides, elle est loin de posséder cette propriété à un degré plus prononcé que les autres liquides visqueux qui se trouvent dans l'intestin.

Mais Bidder et Schmidt (10) ont examiné de nouveau la question et l'ont

(1) *De genesi adipis in animalibus*. Halæ, 1845.
(2) Henle *und* Pfeuffer, *Zeitschr.*, t. IV, p. 375.
(3) *Même recueil. Année* 1849.
(4) *Ouv. cit.*, t. III, p. 835.
(5) *Elem. physiol.*, t. VI, p. 608.
(6) *Ouv. cit.*, t. II, p. 56.
(7) *Loc. cit.*
(8) *Comptes rendus des séances de l'Acad. des sc. de Paris*. Mai 1842.
(9) Lenz, *De adipis concoctione et absorptione*. Mitaviæ, 1850.
(10) *Ouv. cit.*, p. 222.

traitée d'une manière plus précise et plus concluante, dans leur travail récent sur la digestion.

Un chien, dont le conduit cholédoque était lié, et qui portait une fistule biliaire, fut nourri pendant huit jours, exclusivement de matières animales qui, pesant 4816 grammes, contenaient 1280 grammes de résidu sec composé de 1100 grammes de matières albuminoïdes et de 180 grammes de graisse. Les fèces desséchées pesaient 138gr,1 dont 85 grammes étaient constitués par de la matière grasse : donc 95 grammes de graisse avaient été absorbés. Un peu plus tard, le même chien reçut, en cinq jours, 3035 grammes des mêmes substances donnant 806,8 grammes de résidu sec composé de 693gr,2 de matières albuminoïdes et de 113gr,6 de graisse. Les fèces desséchées pesaient 124 grammes dont 72,2 de graisse : par conséquent il y avait eu ici absorption de 41,4 grammes de matière grasse. En d'autres termes, puisque l'animal pesait 5300 grammes, il avait, dans la première expérience, absorbé par jour 11gr,88 de graisse, soit, par kilogramme de son poids et par 24 heures, 2gr,24 ; tandis que, dans la seconde expérience, il en avait absorbé par jour 8gr,28, soit, par kilogramme de son poids et par 24 heures, 1gr,56.

Or, en poursuivant leurs recherches, d'une manière comparative, sur des chiens sains et sur d'autres munis de fistule biliaire, ces deux habiles expérimentateurs sont arrivés à établir qu'en moyenne les derniers *n'absorbent*, par heure et par kilogramme de leur poids, que $\frac{1}{5}$ ou $\frac{1}{7}$ de la quantité de graisse qu'absorbent les premiers.

Un autre argument à l'appui de l'action qu'exerce la bile dans l'absorption de la graisse se tire de l'*état du chyle*, fluide qui, comme on le sait, doit sa couleur blanche aux matières grasses qu'il tient en émulsion.

Brodie (1) a trouvé, sur des chats, qu'après la ligature du canal cholédoque le chyle, au lieu d'être blanc et opaque, était transparent ou à peu près incolore. En répétant cette expérience sur deux chiens adultes, Magendie (2) affirme avoir vu que du chyle blanc avait été formé ; mais il ne dit pas qu'il ait comparé la blancheur de ce chyle à celle du chyle normal.

Herbert Mayo (3), ayant reproduit ces expériences sur six animaux, a trouvé, comme Brodie, le chyle incolore. Il avait pris trois chiens et trois chats, et il a assuré depuis (en 1846), que, sur ces derniers, il avait eu grand soin de ne pas lier en même temps le conduit pancréatique ; ce qui lève les doutes qu'on avait conçus contre l'exactitude de ses expériences sur les chats.

Tiedemann et Gmelin (4) ont toujours vu le chyle moins blanc et plus diaphane, souvent même jaunâtre ou incolore, après la ligature du canal cholédoque. Ils en concluent qu'alors le chyle contient moins de graisse qu'à l'état normal.

Leuret et Lassaigne (5) ont vu aussi le chyle être presque transparent dans ces conditions. Au contraire, Blondlot (6) et Philipps (7) auraient trouvé le chyle blanc comme à l'ordinaire ; Lenz (8) dit aussi avoir rencontré du chyle blanc dans les

(1) *Quaterly Journal of Science and Arts*, 1823, p. 341.
(2) *Précis élém. de physiol.*, t. II, p. 119, 4e édit. Paris, 1836.
(3) *London Med. and Phys. Journal*, 1826, p. 340.
(4) *Ouv. cit.*, trad. franç., t. II, p. 55.
(5) *Ouv. cit.*, p. 148.
(6) *Traité analytique de la digestion*, p. 173 et suiv. Nancy, 1843.
(7) *London Medical Gazette*, 1853, p. 421.
(8) *Mém. cit.*, p. 58 et 59.

chylifères de chats dont il avait lié le canal cholédoque seul ou avec le conduit pancréatique; seulement ces vaisseaux étaient moins injectés qu'à l'état normal. Mais Bidder et Schmidt (1), rectifiant dans leurs conclusions ces dernières expériences qu'ils avaient dirigées, affirment que la coloration blanche n'était que très faible et qu'elle pouvait provenir, soit de l'influence de la bile qui existait encore dans l'intestin de ces chats, tués très promptement après l'opération, soit de la petite quantité de graisse qui est absorbée sans le secours du fluide biliaire.

On peut remarquer que, dans toutes ces expériences, il ne s'agit que du degré d'intensité de la coloration, puisque le liquide qui se trouve dans les chylifères, à jeun, est assez souvent blanchâtre, quoique moins laiteux et moins opaque que pendant la digestion. De là vient que Brodie a pu conclure de ses expériences qu'il ne se formait plus de chyle (il ne considérait pas comme tel un liquide seulement opalin), et aussi que plusieurs autres expérimentateurs ont pu lui répondre qu'ils avaient trouvé le chyle blanc, quoiqu'il fût sans doute moins blanc qu'à l'état normal.

Nous avons vu que la majorité des expérimentateurs s'accorde à reconnaître que le chyle contient d'autant moins de graisse qu'il est plus diaphane et moins laiteux. Leuret et Lassaigne avaient déjà prouvé ce fait par l'analyse chimique du chyle transparent. Il restait à prouver qu'après la ligature du canal cholédoque, il en était de même du chyle jaunâtre ou opalin que Bidder et Schmidt ont quelquefois trouvé sur leurs chiens. Ces auteurs ont fait l'analyse du chyle du conduit thoracique de la plupart des chiens porteurs de fistule biliaire qui avaient servi à leurs expériences, et ils rapportent, *in extenso*, deux de ces analyses, comparativement à celle du chyle d'un chien sain tué huit heures après avoir mangé de la viande grasse de bœuf :

Tous les autres éléments étant à peu près les mêmes, *la proportion de graisse libre du chyle était, pour le chien sain, de* 32 *sur* 1,000, *et, pour les chiens à fistule biliaire, au plus de* 2 *sur* 1,000.

Cette influence de la bile sur l'absorption de la graisse explique pourquoi la plupart des expérimentateurs ont noté, sur les chiens à fistule biliaire, un amaigrissement considérable qui résultait exclusivement de l'atrophie du tissu adipeux, les autres tissus ne présentant aucune altération dans leur nutrition. Cette dernière circonstance fait comprendre aussi que le poids des animaux puisse même augmenter malgré cet amaigrissement continu et progressif, la graisse étant la substance la moins pesante du corps. Aussi l'espèce d'embonpoint que Blondlot a remarqué sur sa jeune chienne a-t-il pu dépendre du développement du système musculaire : cet auteur ne fait pas mention, dans l'examen cadavérique, de l'état du tissu adipeux. Quant à Nasse (2), il dit du chien qu'il avait conservé cinq mois avec une fistule biliaire : « *Pinguedine quàm maximè caruit.* »

Faisons remarquer, enfin, qu'il n'est pas possible de supposer que le canal pancréatique ait été lié dans les expériences sus-mentionnées : Bidder et Schmidt déclarent avoir porté une attention toute spéciale sur ce point, et l'on ne peut admettre non plus que Tiedemann ait commis une pareille erreur.

Il nous reste à rechercher comment la bile contribue à l'absorption des corps gras. Les parois de l'intestin étant constamment lubrifiées par un liquide aqueux,

(1) *Ouv. cit.*, p. 225.

(2) *Commentatio de bile quotidie a cane secretâ*, p. 16. Marbourg, 1851.

paraît difficile d'admettre que les graisses, même réduites à l'état d'émulsion le plus parfait, puissent les pénétrer par voie d'endosmose. Matteucci (1) a vu une émulsion d'huile d'olive traverser une membrane humectée, sur ses deux faces, d'un liquide rendu très faiblement alcalin par la potasse caustique ; ce qu'il explique en admettant que la potasse a dû saponifier une partie de l'huile. Mais l'endosmose ne s'opère plus si, pour rendre le liquide alcalin, on remplace la potasse caustique par le carbonate de potasse : il n'y a jamais eu endosmose dans les expériences ainsi faites par Schiff et prolongées pendant trois jours à la température de 35 à 40 degrés centigrades. Lenz (2) s'est aussi élevé contre la théorie de Matteucci.

Il y a généralement assez d'accord parmi les expérimentateurs pour reconnaître que les corps gras neutres ne sont point décomposés par la bile pure (3) ; à plus forte raison ne le seraient-ils pas, après que la bile a été versée sur le chyme acide. Les acides gras, avait-on supposé, sont saponifiés par la soude contenue dans la bile et ainsi rendus absorbables. Mais quel serait l'agent qui dédoublerait les graisses en base et en acide, puisque la plupart des graisses des aliments sont à l'état neutre? Peut-être, à la température de l'intestin et avec un séjour très prolongé, les corps gras pourraient-ils finir exceptionnellement par s'y dédoubler en glycérine et en acides gras ; mais, suivant la remarque de Lenz (4), Bidder et Schmidt (5), généralement ils ne restent pas assez longtemps dans l'intestin pour que cette décomposition, à laquelle s'opposerait d'ailleurs la réaction acide du chyme, puisse avoir lieu. Par la même raison, le suc pancréatique ne paraît pas non plus pouvoir la produire. On retrouve, *en nature*, dans le chyle du canal thoracique, les matières grasses neutres qu'on a fait digérer par les animaux (Bouchardat et Sandras).

Si l'on admettait qu'un agent quelconque opérât d'abord la saponification des corps gras dans l'intestin, il faudrait encore admettre, avec Moleschott (6), que les savons produits, après avoir passé à travers les parois des chylifères, devraient, en se décomposant de nouveau, se reconstituer à l'état de corps gras neutres ; comme on voit les graisses neutres du chyle être transformées en savons dans le sang, et ceux-ci sortir par les capillaires après s'être transformés de nouveau en corps gras neutres, état sous lequel se présentent les graisses dans les corps vivants.

D'après Schiff (7), le mécanisme de l'absorption des corps gras serait plus simple : cet observateur admet que, suivant les expériences d'Œsterlen (8), les corps solides insolubles peuvent, quand ils sont très finement pulvérisés, passer à travers les parois vasculaires (*), et que la graisse finement émulsionnée pénètre de

(1) *Leçons sur les phénomènes physiques des corps vivants*, p. 104 et suiv. Paris, 1847.
(2) *Mém. cit.*, p. 55. — Voir aussi le *Traité de physiol.* de G. VALENTIN, t. I.
(3) LENZ, *mém. cit.*, p. 17.
(4) *Id.*, p. 32.
(5) *Ouv. cit.*, p. 228.
(6) *Physiologie des Stoffwechsels.* Erlangen, 1851, p. 207.
(7) *Communication faite à la Soc. d'hist. nat. de Francfort-sur-le-Mein*, 1853.
(8) *Beiträge zur Physiologie des gesunden u. kranken Organismus.* Iena, 1843.

(*) Les expériences de Mialhe, sur lesquelles Soubeiran a présenté à l'Académie de médecine de Paris un rapport favorable, démontrent que, si Œsterlen n'a pas été abusé par une illusion, il ne s'agissait nullement dans ses expériences d'un phénomène d'absorption, mais que les molécules de charbon, anguleuses et acérées, se seraient frayé un passage à travers la substance molle des villosités. P. Bérard a vu, de son côté, qu'en employant le noir de fumée, substance dont les particules n'offrent pas les contours anguleux des molécules de charbon de bois, on ne retrouve pas la moindre trace de charbon dans le sang des animaux auxquels on l'a ingéré. (MIALHE, *Chimie appliquée à la physiol.*, p. 197.)

la même manière dans les lymphatiques. La bile, selon Schiff, exciterait les contractions des *villosités intestinales* qui ainsi videraient leurs lymphatiques actuellement remplis de granules graisseux, pour laisser le passage libre à d'autres granules émulsionnés dans l'intestin. La bile venant à manquer, les lymphatiques des villosités, une fois remplis de graisse, ne se videraient plus que très lentement, et alors l'absorption de cette matière serait elle-même ralentie.

Nous aurons occasion de revenir plus tard sur le phénomène encore obscur de l'absorption des corps gras.

En résumé, nos précédentes études sur le *rôle de la bile dans la digestion* nous ont surtout appris que la bile n'est pas un simple liquide d'excrétion, et qu'elle *concourt* à la digestion d'une classe entière d'aliments (matières grasses) ; que sa suppression, comme liquide digestif, diminue très notablement, mais n'empêche pas tout à fait l'absorption de ces matières ; que si, après la ligature du canal cholédoque, les animaux succombent promptement aux accidents de résorption de la bile, ils peuvent survivre pendant des mois et des années, lorsque, pour prévenir ces accidents, on a établi une fistule biliaire ; qu'alors, par des raisons précédemment exposées, la vie n'est possible qu'avec une alimentation plus abondante qu'à l'état normal.

Nul doute qu'indépendamment de son importante influence sur l'absorption des matières grasses, la bile, qui éloigne de la masse du sang tant de matériaux inutiles qui s'y introduisent avec les aliments, ne se rattache pour une grande part aux phénomènes généraux de la nutrition. Ce n'est point encore le lieu de nous occuper de cet intéressant problème.

SUC PANCRÉATIQUE.

Voulant examiner ici le *suc pancréatique* (qui est versé dans la deuxième portion du duodénum) seulement dans ses usages et dans ses rapports les plus directs avec la fonction digestive, nous avons réservé, pour le chapitre consacré à l'étude générale des glandes et des *Sécrétions*, certaines particularités relatives surtout à l'anatomie comparée et à la texture du pancréas.

I. Regnier de Graaf qui, le premier, obtint isolément le liquide sécrété par le pancréas, sur un chien (*), le trouva clair et visqueux, doué d'une saveur tantôt

(*) *Extraction du suc pancréatique.* — REGNIER DE GRAAF (1), à propos du procédé qu'il mit en usage pour se procurer du suc pancréatique, s'énonce ainsi : « A la sollicitation de Sylvius de le Boë, » je fus assez heureux, l'an 1662, pour découvrir le moyen de recueillir le suc pancréatique (p. 19)... » On fera une incision à l'abdomen, suivant la ligne blanche depuis le cartilage xiphoïde jusque vers » la région du pubis, pour atteindre l'intestin, qui sera lié près du pylore, et à trois ou quatre travers » de doigt au-dessous de l'orifice du canal pancréatique, afin que les aliments descendant de l'estomac, ou les matières contenues dans les intestins venant à remonter par le changement du » mouvement péristaltique, ne troublent point l'opération. On fendra ensuite l'intestin entre les » deux ligatures, suivant sa longueur, par sa partie antérieure et éloignée du mésentère, en nettoyant bien avec une éponge la bile et les autres matières qui s'y trouvent. On trouvera généralement le canal pancréatique libre environ deux travers de doigt au-dessous de l'orifice du » conduit biliaire..... puis on introduira doucement dans l'orifice étroit du canal pancréatique » le petit bout d'un tuyau de plume (de canard) attaché à une fiole ; après quoi, ayant fixé cette

(1) *Traité du suc pancréatique*, dans Hist. anat. des part. génit. de l'Homme et de la Femme, *trad. franç.* Bâle, 1699, in-8°).

salée, tantôt un peu acide, très souvent acide et salée; quelquefois, ajoute-t-il, ce suc était presque insipide, « de quoi notre maître Sylvius et tous mes condisciples peuvent rendre témoignage » (*ouv. cit.*, p. 27). Schuyl (1), et plus tard Viridet (2), lui trouvèrent aussi de l'acidité. Tiedemann et Gmelin (3) le virent légèrement acide au moment de l'incision du conduit pancréatique, et, peu de temps après, *alcalin*.

L'*alcalinité* de ce suc, constatée autrefois par Wefper, Pechlin, C. Brunner et J. Bohn, n'est plus douteuse aujourd'hui pour aucun expérimentateur.

Leuret et Lassaigne (4), Frerichs (5) et Lehmann (6), qui, pour se procurer le suc pancréatique, ont, comme R. de Graaf, ouvert le duodénum et introduit une canule dans l'orifice du conduit pancréatique, le représentent comme un liquide clair, légèrement visqueux, incoagulable ou à peine coagulable par la chaleur, etc., contenant peu d'albumine, et dont le résidu renfermerait moins de parties organiques que de sels inorganiques.

Pour obtenir le même fluide, Tiedemann et Gmelin (7) les premiers, et, à leur exemple, Cl. Bernard (8), Colin (9), Bidder et Schmidt (10), n'ont pas ouvert l'intestin, mais ont adapté un petit tube au principal canal pancréatique. Ces auteurs s'accordent assez généralement à dire que ce fluide est visqueux, filant, très riche en matières solides et surtout en matières organiques, qu'il se coagule fortement par la chaleur, par l'alcool et les acides énergiques, ou aussi à admettre qu'il contient une matière albumineuse différente de l'albumine proprement dite et qu'il précipite très abondamment par divers sels métalliques.

Il semble, d'ailleurs, que les propriétés du suc pancréatique ne soient pas par-

» fiole à l'intestin, on coudra l'abdomen avec un gros fil, en laissant pendre dehors la fiole, comme » elle est représentée dans la troisième planche, fig. II (Ouv. cit.).

» Ce seul instrument suffit, quand le canal pancréatique est *unique*; mais *s'il y a un deuxième* » *canal*, comme il arrive quelquefois (chez le chien), on aura, pour le boucher, recours à l'instru» ment compresseur représenté dans la deuxième planche, fig. III (Ouv. cit.)..., afin de serrer tel» lement l'intestin que rien ne puisse sortir du *second conduit*.... De cette manière, tout le suc » pancréatique sort par le trou où le petit tuyau de plume a été introduit, et tombe dans la fiole » (p. 24 et 25). »

Plus loin (p. 27 et 35), REGNIER DE GRAAF décrit les propriétés du suc pancréatique, comme le lui permettaient les connaissances chimiques de son époque, et il assure « *en avoir recueilli, par le moyen précédent, jusqu'à deux drachmes et même une demi-once sur un chien, et une once entière sur un autre chien* (*dogue*) en sept ou huit heures. » C'est à l'aide du même procédé, et sur des animaux de la même espèce, que SCHUYL, autre disciple de François de le Boë, a avancé plus tard (1670) en avoir obtenu *deux onces* dans l'espace de trois heures.

De nos jours, TIEDEMANN et GMELIN (*Rech. expér. sur la digestion*, trad. franç. par Jourdan, 1re part., p. 27 et suiv. Paris, 1827), voulant éviter l'incision et la ligature de l'intestin avec tous les désordres qui peuvent en résulter, se sont bornés à *inciser le conduit principal du pancréas vers son abouchement dans le duodénum*, et à y introduire un petit tube de verre, qu'ils assujétissaient par le moyen d'une ligature. Leur procédé, quelque peu modifié, a été adopté, depuis, par la plupart des expérimentateurs qui ont voulu se procurer le liquide propre au pancréas, en établissant des *fistules pancréatiques* permanentes.

(1) *Tractatus pro veteri medic.*, p. 94.
(2) *De primâ coctione et ventriculi fermento*, p. 266.
(3) *Ouv. cit.*, trad. de Jourdan, 1re partie, p. 28 et 29, et 2e partie, p. 315.
(4) *Ouv. cit.*, p. 103 et suiv.
(5) *Ouv. cit.*, t. III, p. 844.
(6) *Physiol. Chemie*, t. II, p. 106.
(7) *Ouv. cit.*, 1re partie, p. 27.
(8) *Arch. génér. de méd.*, 4e série, t. XIX, p. 68.
(9) *Comptes rendus de l'Acad. des sc. de Paris*, t. XXXII, p. 374; et t. XXXIII, p. 85.
(10) *Ouv. cit.*, p. 258.

faitement identiques dans différentes espèces animales, même assez rapprochées; et l'on peut penser aussi que le mode et le moment de l'extraction ne sont pas étrangers aux divergences d'opinions qui existent relativement à la coagulabilité et à la viscosité de ce liquide. La remarque a été faite que le pancréas, exposé au contact de l'air atmosphérique pendant un temps un peu prolongé, sécréte un suc anormal semblable à celui qu'ont décrit Leuret et Lassaigne, Frerichs, etc. Suivant Colin (1) le suc pancréatique est très coagulable chez le bœuf et le mouton, mais moins que chez le chien ; il ne serait pas coagulable chez le cheval et le porc. La quantité plus ou moins grande d'albumine, que contient le suc pancréatique, lui paraît variable suivant les animaux et surtout suivant le degré d'activité de la sécrétion

Quoi qu'il en soit, le suc pancréatique, tel qu'il s'écoule généralement pendant une digestion normale, est un liquide incolore, filant, et. pour la consistance, presque analogue à du sirop. Sa saveur est salée. Il devient mousseux quand on l'agite, se coagule et se prend en masse lorsqu'on le chauffe ou qu'on le traite par des acides forts, comme s'il s'agissait d'une forte dissolution d'albumine. De même que les matières actives de la salive et du suc gastrique (*diastase salivaire* et *pepsine*) sont de nouveau solubles dans l'eau après qu'elles ont été précipitées par l'alcool, de même aussi, comme l'ont constaté Bouchardat et Sandras, en 1845 (2), la matière organique particulière au suc pancréatique peut se redissoudre dans l'eau, quoiqu'on l'ait d'abord coagulée par l'alcool. Or, on sait que la véritable albumine, mise dans les mêmes conditions, ne se redissout plus d'une manière appréciable. Du reste, le suc pancréatique, dont la réaction est constamment alcaline, s'altère et perd toutes ses propriétés caractéristiques avec une assez grande facilité.

D'après Leuret et Lassaigne, le suc pancréatique du cheval serait composé, de 99gr,1 d'eau et de 00gr,9 de résidu sec. Tiedemann et Gmelin ont trouvé, dans celui de la brebis, 96gr,35 d'eau et 3gr,65 de résidu sec ; dans celui du chien, 91gr,28 d'eau et 8gr,72 de parties solides. Enfin Bidder et Schmidt assurent que le suc pancréatique contient jusqu'à 10 pour 100 de résidu sec, dont 9/10 de matières organiques.

On peut admettre, comme du suc pancréatique normal, celui de chien et de brebis, dont Tiedemann et Gmelin ont fait l'analyse, puisque, dans l'un et l'autre cas, ce fluide était visqueux, coagulable par la chaleur, l'alcool et les acides énergiques. Voici le résultat de leurs analyses :

1° Le suc pancréatique du *chien*, comme nous venons de le dire, contient : eau, 91,28 ; parties solides, 8,72. Cent parties de principes solides donnent en cendres 8,28. Ces cendres renferment des carbonates alcalins en très grande abondance, des chlorures alcalins, des acétates et des phosphates de soude et de potasse, très peu de sulfates alcalins, du carbonate et du phosphate calcaires. L'alcali qui prédomine dans les cendres est la soude. Les matières organiques sont : de l'osmazôme ; une matière qui rougit par le chlore ; une matière analogue à la caséine et probablement associée à la matière salivaire ; beaucoup d'albumine, constituant environ la moitié du résidu sec.

2° Quant au suc pancréatique de la *brebis*, il renferme : eau, 96,35 ; parties

(1) *Physiol. comp. des animaux domestiques*, t. I, p. 641.

(2) *Des fonctions du pancréas*, etc. — Mémoire adressé à l'Académie des sciences de Paris, le 14 avril 1845, et inséré dans le *Supplém. à l'Annuaire de thérapeutique* pour 1846, p. 147.

solides, 3,65. Cent parties solides incinérées donnent en cendres 2,97, et leur composition ne paraît pas différer sensiblement de celle du suc pancréatique de chien. Cependant on n'y trouve pas de matière qui se colore en rouge par le chlore.

D'après ces analyses, la conclusion de Tiedemann et Gmelin (1) est que le « *suc pancréatique diffère essentiellement de la salive.* » Ils insistent sur la grande quantité d'albumine du premier de ces fluides, sur la proportion considérable de matériaux azotés qu'il renferme, et qui ne se rencontrent pas dans l'autre (2).

Dans ces matériaux il faut comprendre cette variété de *diastase*, qui, reconnue, depuis, dans le suc pancréatique par Bouchardat et Sandras, et par Mialhe dans la salive, donne à ces deux fluides le pouvoir de transformer l'amidon en glycose.

II. La *quantité* du suc pancréatique paraît varier suivant plusieurs circonstances qui ne sont pas encore bien précisées. Nous avons vu plus haut qu'en 7 ou 8 heures Régnier de Graaf s'était procuré 15 grammes de ce fluide sur un chien, et 30 grammes sur un autre; tandis que Schuyl, dans l'espace de 3 heures, en aurait obtenu jusqu'à 60 grammes sur un animal de la même espèce. Frerichs en recueillit, en 3/4 d'heure, sur un âne, 25 grammes ; sur un chien de haute taille, en 25 minutes, 3 grammes : Bernard, en une heure, sur un grand chien, 8 grammes, et, après le commencement de l'inflammation, 16 grammes par heure. Bidder et Schmidt, en 8 heures, n'obtinrent d'un chien pesant 20 kilogrammes, que 16 grammes de suc pancréatique. Suivant Colin, les solipèdes et les grands ruminants sécrètent, dans les périodes de surexcitation, environ 250 grammes de suc pancréatique par heure; le mouton, 7 à 8 grammes, et le porc 10 à 15 grammes.

Mais que peuvent apprendre toutes ces estimations de quantités si diverses, quand on sait qu'une *même quantité* de suc pancréatique peut constitutivement varier assez pour contenir tantôt 1 et tantôt 10 pour 100 de matériaux solides? Ce qu'il importerait ici de connaître, c'est la proportion des éléments réellement constitutifs de ce fluide eu égard à la quantité d'eau produite avec eux dans un temps donné. Récemment Weinmann (3) et Sig. Kroeger (4) ont essayé de remplir, en partie, cette tâche difficile, en se servant de chiens qui portaient des fistules pancréatiques permanentes. Mais leurs résultats si variables restent sans valeur, parce qu'en général ces expérimentateurs ont eu évidemment affaire à un suc pancréatique très aqueux et anormal, produit d'une glande altérée par les suites de l'opération.

D'après les pesées qu'il a faites, Colin conclut que la quantité de fluide provenant de cette sécrétion n'est pas toujours en rapport avec le volume de la glande qui la produit.

C'est pendant la *période digestive* que se produit réellement la sécrétion du suc pancréatique : dans l'intervalle des digestions, elle est tellement ralentie, qu'il s'écoule à peine quelques gouttes de liquide quand on établit des fistules sur des

(1) *Rech. expér., physiol. et chim. sur la digestion.* (Trad. de Jourdan); 2e partie, p. 316, Paris, 1827.

(2) *Même ouv.*, 1re partie, p. 41-42.

(3) *Zeitschrift für rationelle Medicin von* Henle *und* Pfeuffer, III, *Bd. Heft*, 1853.

(4) *De succo pancreatico dissertatio physiologica.* p. 17 *et seq.* Dorpati, avril, 1854.

animaux à jeun. Cette sécrétion, dont *les usages* ne se rapportent qu'à la digestion, offre donc, à peu près comme cette fonction elle-même ou comme la production du suc gastrique, une intermittence digne de remarque ; tandis que la bile, qui remplit un rôle à la fois digestif et dépuratoire, est transmise dans l'intestin d'une manière continue, mais aussi en plus grande quantité à chaque période digestive.

III. — L'auteur d'un remarquable *Traité de la digestion*, publié en 1834, Eberle, s'appliquant à déterminer l'action du suc pancréatique sur les divers aliments, eut l'idée de préparer un liquide pancréatique en faisant infuser dans l'eau pure le pancréas du bœuf. Pour apprécier la valeur de ce procédé, il n'est pas inutile de rappeler ici que, depuis lors, il a été établi que, dans des infusions analogues de glandes salivaires, on peut très facilement retrouver tous les caractères physiques et physiologiques propres à chaque salive normalement sécrétée et recueillie ; ajoutons que d'ailleurs c'est ce même procédé qui, plus tard (1844 et 1845), a aussi amené G. Valentin, Bouchardat et Sandras, à découvrir un des usages les plus remarquables du pancréas.

« Quand le précédent liquide pancréatique, dit Eberle (1), est mêlé et agité avec de » l'huile, le *mélange acquiert bientôt l'aspect d'une émulsion;* toutefois, par le » repos, plusieurs gouttelettes huileuses reparaissent sans avoir perdu d'abord d'une » manière notable de leur limpidité et de leur transparence ; mais, en ajoutant plus » d'huile, puis en agitant de nouveau le mélange, à la chaleur de la main, il se » forme un liquide trouble d'un blanc légèrement jaunâtre, duquel se sépare par » le repos de l'huile qui vient à la surface ; mais cette huile est elle-même trouble, » blanchâtre, et si finement divisée qu'elle présente l'aspect d'*une crême*; alors le » reste du liquide *ne s'éclaircit plus.*

« Par conséquent, ajoute Eberle (p. 251), le suc pancréatique est capable de » *maintenir* la graisse dans un état d'extrême division et d'en former une émul- » sion ».

Plus loin, le même auteur, résumant toutes ses expériences, formule ainsi sa cinquième conclusion :

« Le suc pancréatique peut s'emparer de la graisse et la *maintenir* sous forme » d'une fine émulsion. *Donc ce qu'on avait autrefois dit de la bile, à savoir* » *qu'elle agissait sur les parties grasses des aliments, doit se dire* maintenant » *du suc pancréatique* (p. 253). » Il ajoute (p. 327) que le suc pancréatique, outre qu'il rend le *chyme* plus fluide, a mission d'émulsionner les graisses qui y sont contenues, *pour les faire entrer dans le chyle.*

Cette opinion paraît partagée par Burdach (2) qui la rappelle et la cite en ces termes : « Suivant Eberle, le suc pancréatique sert en outre à délayer la graisse » et à la réduire sous forme d'émulsion. »

Eberle (p. 253) va plus loin et réfute l'argument qu'on pourrait tirer, contre son opinion, des expériences de Tiedemann et Gmelin dans lesquelles le chyle avait été trouvé *presque* limpide après la ligature du canal cholédoque : convaincu de la réalité du nouvel usage assigné par lui au pancréas et de l'erreur où

(1) Eberle, *Physiol. der Verdauung*, Würzburg, 1834, p. 251.
(2) *Traité de physiol.*, trad. de Jourdan, t. IX, p. 380.

l'on était, suivant lui, en attribuant cet usage à la bile, il prétend que, puisqu'il n'y avait pas eu émulsionnement des graisses dans ces cas, le conduit pancréatique lui-même avait dû aussi être oblitéré par suite de l'opération.

Pour toutes ses expériences *physiologiques*, Eberle déclare d'ailleurs, de la manière la plus explicite (p. 235), ne s'être servi que d'une *simple infusion aqueuse et filtrée* de pancréas de bœuf. C'est donc à tort que, récemment, il lui a été reproché d'avoir à l'ordinaire préparé *son liquide* en mettant un pancréas dans une bouteille avec une solution de chlorure de sodium, d'acétate de potasse et de soude, à laquelle il ajoutait même quelquefois de la salive (1). Eberle s'est en effet servi d'un pareil mélange, mais seulement pour quelques expériences *chimiques* tout à fait accessoires (2).

Depuis quelques années, Cl. Bernard (3), ayant repris cette question des usages du fluide pancréatique, a été conduit à des résultats confirmatifs de la doctrine d'Eberle. En effet, si l'on mêle, suivant lui, de la graisse fluide avec du suc pancréatique, il se forme une émulsion parfaite, semblable à du chyle, qui, exposée à une température de 35 à 38 degrés, se maintient parfaitement pendant 15 à 18 heures. Le liquide ne change pas du tout d'apparence. Mais, au bout de quelques heures (5 ou 6), il devient évident que, sous l'influence du suc pancréatique, la graisse a aussi subi une modification chimique, qu'elle a été dédoublée en glycérine et en acides gras.

Quant à ce dédoublement, les expériences de Bouchardat et Sandras (*), celles surtout de Bidder et Schmidt (**) ont établi qu'il ne peut avoir lieu ordinairement dans le tube digestif : les graisses y sont donc seulement émulsionnées par le suc pancréatique et rendues ainsi plus absorbables.

C'est exactement l'opinion d'Eberle, avec l'appui d'expériences et d'observations variées et plus ou moins contestables, comme les suivantes : Chez le chien, après la ligature des conduits pancréatiques, la graisse reste inaltérée dans le canal intestinal et ne passe plus dans les chylifères qui contiennent un liquide limpide, non lactescent. — Chez le lapin, le canal pancréatique, qui est unique, s'ouvre très bas dans l'intestin, à 35 centimètres environ au-dessous de l'orifice du canal cholédoque (***) : or, si l'on donne des aliments gras à un lapin, on voit que c'est pré-

(1) MOYSE, *Étude historique et critique sur les fonctions et les maladies du pancréas*. Thèse inaug., Paris, 30 juin 1852, p. 9.

(2) EBERLE, *Ouv. cit.*, p. 226.

(3) *Du suc pancréatique et de son rôle dans les phénomènes de la digestion.* — Arch. génér. de méd., 4e série, t. XIX, janvier 1849.

(*) *Rec. cit.*, 1845, p. 259. — Ces expérimentateurs ont retrouvé dans le chyle et reconnu, à tous leurs caractères, l'huile d'amandes douces, les graisses de mouton et de porc, chez les animaux auxquels ils avaient fait digérer ces substances qui, en effet, n'avaient point été décomposées.

(**) *Ouv. cit.*, p. 228. La propriété de dédoubler et d'acidifier les corps gras, qui se constate hors de l'intestin, n'est pas mise en jeu chez l'animal vivant, suivant ces auteurs ; elle est complétement annihilée par la *réaction acide du chyme*. — De même, le suc pancréatique, s'il a été légèment acidulé, a beau être mis en contact prolongé avec des matières grasses en dehors du corps de l'animal, il ne détermine plus leur *saponification*, c'est-à-dire que la glycérine n'est pas rendue libre, et que l'acide ou les acides du corps gras ne s'unissent plus à l'alcali du suc pancréatique pour former un savon.

(***) Cette particularité anatomique a été signalée par REGNIER DE GRAAF : « Dans les lièvres et les lapins, dit-il, le suc pancréatique se décharge *à quinze ou seize travers de doigt au-dessous du pylore* » Dans ouv. cit., p. 11 (*Traité du suc pancréatique*).

cisément après l'abouchement du canal du pancréas que les chylifères commencent à contenir un chyle blanc laiteux, tandis que plus haut ils ne renferment qu'un chyle transparent. — Les maladies profondes du pancréas, chez l'homme, s'accompagnent constamment de selles graisseuses. — En injectant, par le canal pancréatique, des matières grasses liquides dans l'intérieur du pancréas, on parvient à détruire cet organe dont le tissu se combine avec la graisse et bientôt se résorbe; de là, ajoute-t-on, chez les animaux, un amaigrissement des plus rapides, le passage des matières grasses non digérées dans les fecès, et enfin la mort.

L'influence du suc pancréatique sur les corps gras nous paraît avoir été exagérée, ou plutôt trop exclusivement attribuée à ce liquide. Frerichs (1) conclut d'expériences comparatives que le sérum du sang, la bile, le suc intestinal et la salive possèdent un pouvoir émulsionnant qui n'est pas bien inférieur à celui dont le suc pancréatique est doué : il est vrai qu'il avait pris pour terme de comparaison le suc pancréatique de l'âne, qui, ne se coagulant point par la chaleur, a pu être considéré comme altéré. Mais c'est là seulement une question de plus ou de moins; Lenz (2), Bidder et Schmidt (3), et nous-même avons vu que d'autres fluides que le suc du pancréas pouvaient former, avec l'huile d'olive, des émulsions qui se conservent aussi assez longtemps.

Schiff a trouvé à la *salive sous-linguale* du chat, mêlée au mucus de la bouche, un pouvoir émulsionnant très prononcé; l'émulsion s'est maintenue pendant deux jours et demi. Avec la salive mixte ou la salive parotidienne, qui est plus aqueuse, l'émulsion a été bien moindre. J'ai déjà dit (p. 175) que j'avais fait les mêmes observations sur la salive provenant des glandes sous-maxillaires et sub-linguales de l'homme, et que son pouvoir émulsif m'avait toujours paru bien plus marqué à jeun qu'après les repas (*).

Bidder et Schmidt attribuent, avec raison, les résultats négatifs de quelques expériences faites avec la *bile* par exemple, à ce que souvent on se sert d'une trop faible quantité de ce fluide. Si la bile ne peut émulsionner que dix fois moins de graisse que n'en émulsionnerait le suc pancréatique, comme il en coule dans l'intestin au moins dix fois plus que de suc pancréatique, il ne serait pas exact d'attribuer à ce dernier fluide seul les résultats d'émulsionnement obtenus. Encore faut-il ajouter que, d'après Lenz, Bidder et Schmidt, le pouvoir émulsionnant de la bile est plus considérable que dans la supposition précédente, et qu'il faut aussi tenir grand compte de la propriété émulsive si évidente du *suc intestinal*.

Frerichs (4) fit, sur des chats à jeun, la ligature du canal de Wirsung ou en appliqua des ligatures multiples sur *le pancréas lui-même*, de manière à *le détruire*;

(1) *Ouv. cit.*, t. III, p. 848.
(2) *Mém. cit.*, p. 47.
(3) *Ouv. cit.*, p. 252.
(4) *Loc. cit.*

(*) L. Corvisart affirme que « la *pepsine* (extraite de la membrane muqueuse de la caillette du mouton), exactement neutralisée, émulsionne si bien les graissés neutres que l'aspect crémeux persiste encore huit jours après l'expérience. Une acidité très manifeste apparaît dès la quatrième heure. Il dit avoir répété des expériences analogues avec de la bile fraîche et neutre; l'acidité est également survenue avec rapidité. La remarque avait d'ailleurs été faite qu'il n'y avait dans les liqueurs aucune trace de putréfaction commençante lors de l'apparition de ces phénomènes : on sait, en effet, que c'est une propriété de toutes les matières animales, en voie de décomposition, de déterminer dans de pareils mélanges la *rancidité*. » (Communication écrite.)

puis, ayant fait prendre à ces animaux de la *graisse* ou du lait (*), il les tua au bout de quatre à six heures. « Toutes les fois, dit-il, que la réaction inflammatoire n'atteignit pas un haut degré, les chylifères se trouvèrent remplis, tantôt en nombre plus grand, tantôt moins grand, d'un suc blanc-laiteux. Les vaisseaux blancs admettent donc, dans une certaine limite, la graisse malgré l'absence du suc pancréatique. » Herbst (1) est arrivé aux mêmes résultats sur des lapins.

Sur des chiens *soumis préalablement à un jeûne prolongé* (et dans l'intestin desquels on ne pouvait plus admettre la présence du suc pancréatique, dont la sécrétion n'a lieu qu'au moment de la digestion), après avoir *lié l'intestin* au-dessous des ouvertures des canaux biliaires et pancréatiques, Frerichs a injecté dans l'intestin, au-dessous de la ligature, de l'huile d'olive. Les animaux ayant été tués au bout de deux à trois heures, les chylifères contenaient déjà un liquide blanc et très apparent. Des expériences analogues ont été répétées fréquemment par Lenz, par Bidder et Schmidt; elles sont toutes confirmatives de celles de Frerichs : mais il faut laisser de côté celles de leurs expériences dans lesquelles les canaux pancréatiques multiples avaient pu n'être pas tous ligaturés.

Plus récemment, Colin (2), ayant fait choix d'animaux de l'espèce bovine, a eu l'heureuse idée d'établir à la fois des fistules du pancréas et du canal thoracique sur les uns, et seulement des fistules de ce dernier canal sur les autres, afin de déterminer ainsi, d'une manière comparative, (avec ou sans la participation du suc pancréatique), le rapport existant entre la somme des matières grasses absorbées et la somme de celles qui se trouvent dans les aliments. Si, plus haut (p. 260), nous avons vu Eberle soutenir (en dépit d'expériences de Tiedemann et Gmelin, favorables à l'opinion ancienne de l'émulsionnement des graisses par la bile) que le suc pancréatique seul, et à l'exclusion du fluide biliaire, possède le pouvoir émulsif, nous voyons ici Colin affirmer que, sans l'intervention du suc pancréatique, les graisses sont émulsionnées, digérées et absorbées à peu près dans les proportions normales, et aussi qu'on les retrouve dans le canal thoracique « identiques, sous le rapport de leur état et de leurs propriétés physiques et chimiques, à ce qu'elles sont dans les conditions physiologiques ordinaires » (**).

De tous les faits expérimentaux qui précèdent, quelle autre induction pourrait tirer un esprit non prévenu, si ce n'est qu'en effet, contre le sentiment trop absolu d'Eberle, les graisses peuvent, *au moins en partie*, continuer à s'émulsionner et à s'engager dans les chylifères, sans l'intervention du suc pancréatique et même de la bile?

(*) Nous ne tiendrons compte ici que des expériences faites avec la *graisse*, attendu que dans le lait la matière grasse, déjà naturellement émulsionnée, a pu être directement absorbée par les chylifères.

(1) Henle und Pfeuffer, *Zeitschrift*, etc., Neue Folge, Bd. IV, Heft I.

(2) *De la digestion et de l'absorption des matières grasses sans le concours du fluide pancréatique.* — Mémoire présenté à l'Acad. de méd. de Paris, dans la séance du 1er juillet 1856.

(**) Poinsot (communication faite à l'Acad. de méd. de Paris dans sa séance du 9 septembre 1856) a attaqué les conclusions du travail de Colin, en assurant qu'il avait suivi, sur un pancréas de veau, « deux conduits *excessivement ténus* jusque dans le canal cholédoque où ils venaient se jeter. » A l'école d'Alfort, sur 14 pancréas de *bœuf*, injectés à l'aide de matières très pénétrantes et solidifiables, il est arrivé seulement 4 fois de constater l'existence d'*un* canalicule réputé *supplémentaire*. Mais comme, dans les expériences précitées de Colin, le suc pancréatique s'écoulait librement au dehors par le tube engagé dans le canal principal, on ne voit pas pourquoi, en cas d'existence du *canalicule*, un reflux se serait produit, par son entremise, dans les voies biliaires et de là dans l'intestin. Au moins, par suite de pareil reflux, le petit canal eût-il dû se dilater, et c'est ce qui n'a jamais eu lieu.

Je crois devoir rappeler ici, en passant, que j'ai démontré (1) que le fluide séminal possède aussi, et au plus haut degré, le pouvoir émulsionnant. Si l'on mêle avec le fluide séminal une matière grasse préalablement reconnue neutre (de l'huile d'olive par exemple), et si on les agite ensemble, le mélange se transforme aussitôt en un liquide semblable à du lait; il se fait une émulsion. Celle-ci est tellement parfaite, que jusqu'au moment même de la putréfaction, avec une température de 15 à 20 degrés centigrades, le liquide blanchâtre, crémeux, ne change pas du tout d'apparence, et qu'il n'y a, par le repos, aucune séparation entre la matière grasse et le fluide séminal. Lorsqu'un pareil mélange a été maintenu au bain-marie, entre 35 et 40 degrés, pendant quatorze à seize heures, on constate que la graisse n'est pas seulement divisée et émulsionnée, mais que de plus elle est modifiée chimiquement : car la matière grasse neutre et le fluide séminal alcalin formaient, au moment de leur mélange, un liquide blanc laiteux, à réaction alcaline, tandis qu'après le laps de temps indiqué, et souvent bien plus tôt, le même liquide présente une réaction sensiblement acide.

Sans doute, cette expérience ne prouve rien relativement à ce qui se passe dans l'intestin, mais elle vient à l'appui de cette opinion exacte, que plusieurs des liquides de l'économie possèdent le pouvoir d'émulsionner les graisses. Que le *suc pancréatique* jouisse de la propriété émulsive, même à un haut degré, c'est un fait incontestable dont la découverte est due à Eberle, et que nous-même avons pu vérifier plus d'une fois; mais évidemment, après les expériences relatées précédemment, on aurait tort de croire que, même parmi les fluides digestifs, *seul* il possède cette remarquable propriété.

Aussi, les *observations pathologiques* établissent-elles que les dégénérescences du pancréas peuvent exister sans que la graisse ait entièrement cessé d'être digérée. On a dit, il est vrai, que dans les maladies du pancréas la graisse est expulsée avec les fèces, sans avoir été ni modifiée ni absorbée dans l'intestin; d'où un amaigrissement extrême. Plusieurs observations, à l'appui de cette opinion, sont citées par Claessen (2), qui les a empruntées à Bright (3), à Lloyd (4), à Elliotson (5), et aussi par Eisenmann (6). Mais, dans tous ces cas, le pancréas n'était pas le seul organe malade, et très souvent le duodénum était désorganisé ou le foie altéré, ou les conduits biliaires oblitérés (*); si bien que beaucoup d'auteurs ont considéré les *fèces graisseuses* comme *dénotant une affection du foie* et non une maladie du pancréas.

D'autre part, il existe des observations de maladies profondes du pancréas sur des sujets ayant conservé un embonpoint plus ou moins marqué, et chez lesquels,

(1) Longet, *Action du fluide séminal sur les corps gras neutres*, dans *Comptes rendus de l'Acad. des sc. de Paris*, décembre 1864.

(2) *Die Krankheiten des Pancreas*. Cologne, 1842.

(3) *Medico-Chirurg. Transact. of London*, t. XVIII, p. 1.

(4) *Ibid.*, t. XVIII, p. 57.

(5) *Ibid.*, t. XVIII, p. 67.

(6) Dans *Annales de méd.* de Prague.

(*) C'est ainsi par exemple, que dans l'observation de Lloyd il est dit (*Rec. cit.*, p. 65) : « Que si le foie n'offrait pas d'altération appréciable, le conduit cholédoque était tellement oblitéré à son abouchement dans le duodénum, que l'air insufflé à son origine ne pouvait pénétrer dans l'intestin. Toute la surface du cadavre était d'une couleur jaune foncée. »

Je rappelle ici cette particularité, parce qu'elle a échappé à d'autres personnes qui ont mal interprété la précédente observation.

›ar conséquent, la digestion de la graisse n'était point empêchée d'une manière bsolue. J. Casper (1) rapporte le cas suivant : Un homme tombe gravement ma-ade et meurt en deux jours. A l'autopsie, faite par Froriep, on trouva dans le ›éritoine et le mésentère une quantité de graisse dépassant considérablement la uantité normale. Tous les organes étaient sains, à l'exception du pancréas, qui tait hypertrophié, infiltré de sang et tellement induré, que sa structure n'était ›lus reconnaissable. Cette glande, au lieu d'être oblongue comme à l'ordinaire, ›ffrait une forme globuleuse.

Greiselius (2) rapporte qu'un individu très gras, âgé de quarante-deux ans, et ujet depuis longtemps à des douleurs intestinales violentes, succomba à la suite l'un dernier accès douloureux qui avait duré dix-huit heures. Le pancréas était létruit comme par mortification ou sphacèle.

De Haen (3) cite l'exemple d'un homme de cinquante-trois ans, remarquable ›ar sa voracité, et qui, depuis plusieurs années, en proie à des douleurs épigas-riques, mourut dans un accès de toux spasmodique. Sous la peau et par tout e corps existait, lors de l'autopsie, une couche graisseuse de l'épaisseur d'un doigt : ›ntre autres lésions, on trouva le pancréas squirrheux dans toute son étendue.

Au rapport d'Abercrombie (4), une femme éprouvait, depuis une année, des omissements fréquents avec douleurs dans la région de l'estomac. Néanmoins, ›ette femme n'était pas amaigrie, et les téguments du ventre contenaient une ›ouche graisseuse épaisse de deux pouces. Le pancréas était manifestement induré ›t squirrheux, en totalité, sans augmentation notable de son volume.

Chez un homme robuste, âgé de cinquante-six ans, qui (depuis le mois d'avril .830 jusqu'au 8 octobre de la même année, époque de sa mort) avait ressenti des louleurs particulièrement fixées vers la région épigastrique, Dawidoff (5) raconte ›u'on trouva, à l'autopsie, le pancréas « très induré et converti en squirrhes ›oueux, » plus volumineux qu'à l'état normal et fortement adhérent à l'estomac et ›u péritoine. L'incision de l'organe malade présentait une surface homogène, lure et blanche, qui laissait échapper quelques gouttes d'un liquide purulent. ’embonpoint était ordinaire, mais les muscles des parois abdominales étaient ecouverts d'une couche considérable de graisse.

Bécourt (6) rapporte aussi quelques faits analogues aux précédents, c'est-à-dire les cas de maladie du pancréas, offrant une certaine durée, sans amaigrissement ›lus notable que dans les maladies des autres organes.

Il serait inutile de citer en plus nombre de pareils exemples, qui ne font pas léfaut dans la science. Voyons maintenant ce qu'on doit penser des *selles grais-euses*, comme signe pathognomonique de la destruction et des maladies profondes lu pancréas. Il nous sera facile d'établir que, d'une part, elles ne sont pas propres ›xclusivement à ces derniers cas, et que, d'autre part, elles n'y sont pas constantes.

C'est un fait bien connu, depuis longtemps, que les ictériques ne digèrent qu'in-›omplétement les corps gras, qui sont rendus inaltérés avec les fèces. « Et bilem,

(1) *Wochenschrift f. d. gesammte Heilkunde*, 1836, p. 437.
(2) *Miscell. nat. Cur.*, *D. I.* an. III, obs. 45.
(3) *Opusc. med. phys.* t. I, p. 217.
(4) *Edinb. Journ.*, 1824, avril, p. 249.
(5) *De morbis pancreatis observationes quædam*, Dorpat, 1833, p. 9.
(6) *Recherches sur le pancréas, ses fonctions et ses altérations organiques.* Thèses de Stras-›ourg. 1er juillet 1830. *Passim.*

dit Haller (1), peculiariter oleosa solvere, tum ex prioribus illis (p. 549) adparet, » tum ex peculiari morbo.... in ægro icterico fæces albæ erant, *supernatante* » *pinguedine* (cui solvens liquor defuerat :) cum vero medicamentis exhibitis cal- » culus per anum decessisset, *porro fæces oleosæ esse desierunt.* » Elliotson (2) rapporte deux observations dans lesquelles le célèbre chimiste W. Prout constata la présence de beaucoup de graisse dans les selles. Le *foie seul* était malade dans la première de ces observations, et ni cet organe ni sa vésicule ne renfermaient de bile; dans la seconde, la membrane muqueuse du côlon et du cæcum offrait des ulcérations. Il est dit que, dans l'un et l'autre cas, le *pancréas* fut trouvé parfaitement sain. Nous avons cité plus haut les expériences comparatives de Bidder et Schmidt sur des chiens sains et sur d'autres munis de fistule de la vésicule biliaire avec ligature du canal cholédoque; expériences desquelles il résulte que ces derniers animaux n'absorbent plus, en moyenne, que $\frac{1}{5}$ ou $\frac{1}{7}$ de la quantité de graisse qu'absorbent les premiers, le surplus de cette matière passant inaltéré dans les fèces des chiens à fistule. Reinhold Schellbach (3) qui, dans des expériences analogues, a donné les résultats de ses analyses comparées des aliments et des excréments, a aussi noté que les selles deviennent *très* graisseuses quand on empêche l'afflux de la bile dans l'intestin.

Ainsi les fèces graisseuses ne s'observent pas seulement dans les lésions du pancréas, elles se lient également aux affections exclusives des voies biliaires; ce qui ne saurait surprendre quand on se rappelle le rôle si incontestable (4) de la bile dans la digestion des matières grasses.

Nous avons déjà mentionné plusieurs observations de désorganisation lente du pancréas chez l'homme, dans lesquelles on n'avait remarqué ni les évacuations graisseuses, ni l'amaigrissement excessif qui ont été considérés comme la conséquence nécessaire de cette affection. Il faut y ajouter deux autres cas consignés dans le tome XVIII, page 31 et 44 des *Med. Chir. Transact.* de Londres. Cela tendrait à donner raison à Claessen (5), qui, dans un savant ouvrage publié en 1842, après avoir analysé un grand nombre d'observations empruntées à divers auteurs, arrive à conclure qu'il n'y a pas un seul signe constant « ou même très fréquent » dans les altérations du pancréas.

Toutefois quand on est arrivé, après trois ou quatre semaines, à détruire et faire résorber le pancréas d'un animal, des évacuations graisseuses peuvent apparaître d'une manière constante (*), comme d'ailleurs elles se rencontrent à la suite de la ligature du canal cholédoque ou de l'oblitération subite des voies biliaires par des calculs. Est-il besoin de rappeler, à ce propos, qu'à l'état normal un animal ne peut digérer, dans un temps donné, qu'une quantité déterminée de graisse, et que, si une proportion trop grande en a été ingérée avec les aliments, nécessairement elle sortira inaltérée par l'anus? Or, comme le suc pancréatique contribue pour sa part à la digestion des matières grasses, il est manifeste qu'en le supprimant on doit déterminer, chez l'animal, une prédisposition aux selles graisseuses.

(1) *Elementa physiologiæ*, t. VI, p. 609.
(2) *Med. Chir. Transact. of London*, t. XVIII, p, 79.
(3) Dans *Journal de pharmacie et de chimie*, déc. 1851.
(4) Voir plus haut, p. 252 et suiv.
(5) *Die Krankheiten des Pancreas*. Cologne, 1842.

(*) Ce phénomène s'est produit d'autant plus sûrement que, au lieu de diminuer la proportion de graisse ingérée avec les aliments comme il eût été rationnel de le faire, on a plutôt généralement fait le contraire.

cette prédisposition se traduira en fait pour peu que la quantité de graisse ingérée augmente sans même atteindre la limite ordinaire, à moins que les autres liquides concourant au même but que le suc pancréatique (bile, suc intestinal, etc.) ne soient sécrétés en plus grande abondance et ne viennent suppléer à son absence. Mais évidemment cela ne peut avoir lieu qu'après un laps de temps assez long. C'est ainsi que s'expliquent les différences observées dans les cas de destruction rapide du pancréas, et dans ceux de dégénérescence lente et progressive du même organe.

Ajoutons que d'ailleurs, dans ces dernières observations faites sur l'homme, l'existence de fèces graisseuses, qu'on a pu aussi quelquefois constater, est loin de prouver que la digestion de la graisse ait été entièrement abolie, puisque avec les désorganisations les plus profondes du pancréas a pu souvent coïncider un certain embonpoint, et qu'aussi des analyses comparées des aliments et des fèces n'ont pas été faites pour établir cette preuve.

En résumé, les données *pathologiques et expérimentales* se prêtent un mutuel appui pour établir que l'influence du suc pancréatique sur la digestion des matières grasses a été exagérée et qu'elle a été trop exclusivement attribuée à ce fluide qui, en réalité, la partage avec d'autres liquides intestinaux. L'observation clinique tend même à démontrer que ces derniers peuvent suppléer le suc pancréatique quand sa suppression est survenue d'une manière lente comme dans les affections organiques du pancréas chez l'homme, et non d'une manière assez rapide comme dans les expériences sur les animaux.

IV. Il est une autre destination du pancréas qui est parfaitement établie. Valentin (1) a reconnu que l'infusion aqueuse de cet organe transforme rapidement *amidon en glycose*. De leur côté, Bouchardat et Sandras (2) ont aussi constaté que le tissu pancréatique liquéfie, par son contact, les grains de fécule et les change en sucre au moyen d'une variété de *diastase* que ce tissu renferme.

D'après la remarque de Bidder et Schmidt, cette métamorphose commence dans l'amidon cuit, dès que le contact est établi avec le suc pancréatique, et même à une température bien inférieure à celle de 38 degrés centigrades. Frerichs assure que cette propriété est plus prononcée dans le suc pancréatique que dans la salive; ce qui s'accorde avec mes propres observations.

L'analogie de structure qui existe entre les glandes salivaires et le pancréas, pouvait déjà faire croire à quelque analogie fonctionnelle, qui, on vient de le voir, n'est plus douteuse, au moins sous ce rapport que, si la salive convertit l'amidon en glycose, le *suc pancréatique* opère la même transformation isomérique.

Je crois devoir me borner ici à cette simple mention d'un des usages les plus remarquables du suc pancréatique, parce que précédemment, à propos de l'étude de la salive et même du suc gastrique, j'ai décrit avec beaucoup de détails tous les phénomènes et toutes les conditions qui se rapportent à la conversion de l'amidon en glycose. Pour éviter d'inutiles répétitions, je renverrai le lecteur aux pages 54, 165 et suiv., 224 et suivantes.

(1) *Lehrbuch der Physiologie*, t. I, 1re édit., 1844, et 2e édit., t. I, p. 356.
(2) *Comptes rendus de l'Acad. des sc. de Paris*, t. XX, 1845.

V. Nous avons dit (p. 208) comment il était possible d'isoler, par infusion, l
principe actif de la membrane muqueuse de l'estomac, et de se procurer un liquid
qui, acidulé (suc gastrique artificiel), jouit des mêmes propriétés digestives qu
le suc gastrique naturel. C'est également en faisant une infusion acidulée du tiss
pancréatique que Purkinje et Pappenheim (1) obtinrent, en 1836, un autr
liquide que, d'après leurs expériences sur les *matières albuminoïdes*, ils affir
mèrent aussi être un suc digestif artificiel fort actif. Déjà deux années auparavant
Eberle (2), dans ses expériences de digestion artificielle, après avoir mis en pré
sence du même fluide le chyme provenant de pareilles matières, avait conclu qu
« l'une des actions importantes du fluide pancréatique consiste incontestablemen
à fluidifier et à *dissoudre* le chyme (p. 326 à 327). » Cette idée a été reprise, expé
rimentalement, par Cl. Bernard (3) et par L. Corvisart (4), qui, malgré des diver
gences absolues sur certains détails, s'accordent à dire aussi que le suc pancréa
tique joue (comme le suc gastrique lui-même) un rôle important dans la digestio
des aliments azotés.

Ces deux fluides digestifs concourent-ils d'après un même mode d'action a
même but, comme semblent le penser les physiologistes allemands, ou bien agissent-i
très différemment pour amener la dissolution définitive et transformatrice du cor
albuminoïde qui a subi leur contact? Ce sera une question à examiner.

Quoi qu'il en soit, si le suc pancréatique dissout et transforme, en effe
les aliments azotés, il faut se demander tout d'abord à quel *principe actif* il do
cette propriété remarquable? La faculté d'émulsionner, d'acidifier les cor
gras, de digérer les matières albuminoïdes dépend-elle d'une substance unique
Cette substance est-elle la même que celle qui, suivant Bouchardat et San
dras (5), a la propriété de se redissoudre dans l'eau, après avoir été précipit
par l'alcool? Y a-t-il dans le fluide du pancréas « de l'albumine, une matièr
analogue au caséum, etc. (Tiedemann et Gmelin) » formant plusieurs fermen
distincts; ou doit-on croire que la *pancréatine* constitue presque à elle seu
le suc pancréatique (Robin et Verdeil)? L'état présent de la science ne permet p
encore de résoudre ces questions.

On sait que le fluide pancréatique, le suc gastrique et la salive, chauffés à près
100 degrés centigrades, deviennent troubles par suite d'un précipité variable sel
le liquide, et que tous trois ils perdent ainsi leurs propriétés digestives. Le pri
cipe actif du pancréas, quelle que soit sa nature, se rapproche de la pepsine p
une propriété remarquable, qui est de se combiner avec l'oxyde de plomb et
pouvoir, étant libéré de cette combinaison par un acide, conserver toute son acti
sur les matières albuminoïdes; si bien que, dissous dans une eau légèrement acidul
il liquéfie et transforme en albuminose la même quantité d'albumine, de fibrine, etc
que la pepsine elle-même (L. Corvisart). Toutefois, ce principe actif (pancréatin
ne caille point le lait; il digère les aliments azotés, qu'il soit acide, neutre ou alc
lin (6), ce que ne fait point la pepsine qui exige toujours le concours d'un acid

(1) Froriep's *Notizen*, t. L., p. 211, paragr. 7.
(2) *Physiol. der Verdauung*, p. 326, et *passim*. Würtburg, 1834.
(3) *Leçons de physiol. expérim. appliq. à la méd.*, t. II, p. 423, 441 et *passim*, Par 1856.
(4) *Sur une fonction peu connue du pancréas, la digestion des aliments azotés*, in-8, Par 1857.
(5) *Supplément à l'Annuaire de Thérapeutique* pour 1846, p. 147.
(6) L. Corvisart, *mém. cit.*

ʾar conséquent, le caractère propre du ferment pancréatique ne résiderait ni dans ıne grande énergie, ni, comme nous le verrons plus loin, dans une action transormatrice spéciale, mais on doit le chercher dans des conditions d'action telles, ue ce ferment peut digérer les corps albuminoïdes dans quelque état (alcalin, ıeutre ou acide) que le duodénum les reçoive.

L'opinion a été émise que le liquide mixte de l'intestin grêle (*), qui emprunte on principe le plus actif au suc pancréatique, ne dissoudrait les matières albunineuses qu'autant qu'elles auraient été d'abord modifiées par l'action du suc astrique.

Mais récemment des expériences ont été faites (1), dans lesquelles 50 grammes 'albumine (coagulée dans la coquille de l'œuf en dehors d'un contact prolongé vec l'eau bouillante) ou 50 grammes de fibrine fraîche, lavée à l'eau froide et oustraite à toute action préparatoire du suc gastrique, ont été introduits dans le uodénum, après la ligature du pylore et un lavage abondant de cet intestin : r dans ces expériences, faites sur des chiens, ces substances ont été complétenent digérées, et même presque entièrement absorbées sur place. Ajoutons que s mêmes substances, mises en digestion artificielle, soit avec la liqueur d'infusion de pancréas, soit avec sa matière active précipitée par l'alcool puis redisoute dans l'eau, ont été entièrement liquéfiées et transformées.

En admettant les résultats de ces dernières expériences comme exacts, il faudra onc aussi admettre qu'il n'est pas non plus besoin, comme cela a été dit, de action préalable de la bile pour que le suc pancréatique jouisse du pouvoir de igérer les aliments albuminoïdes. D'ailleurs, divers expérimentateurs ont vu vivre, endant des années, des chiens qui, ayant subi la ligature du canal cholédoque, ortaient aussi une fistule de la vésicule biliaire et chez lesquels, par conséquent, ı bile ne venait plus dans l'intestin se mêler au suc pancréatique.

Les aliments albuminoïdes, par l'action du fluide pancréatique, seraient noneulement dissous, mais digérés et transformés, comme ils le sont par le suc astrique lui-même. L. Corvisart (2) a cherché à le prouver de la manière suiante : Après avoir mis un poids déterminé d'albumine d'œuf coagulée en digestion ans le duodénum, ou mieux encore dans un bocal avec une infusion aqueuse de ancréas ou de son principe actif, il a évalué la quantité d'albumine qui avait été issoute pendant ces digestions; mais, lorsqu'en portant le mélange jusqu'à l'ébulliion il a voulu recueillir cette albumine à l'état solide pour la peser, il a vu que sa ıajeure partie avait cessé d'être coagulable par la chaleur, ce qui indiquerait une ransformation isomérique de ce principe. On se rappelle que l'albumine prend, ar suite d'une semblable transformation dans le suc gastrique, un caractère que 'ai fait connaître, et qui consiste à enlever à la glycose la propriété de réduire le éactif cupro-potassique; or, l'auteur des précédentes expériences a trouvé que albumine, après sa digestion dans le suc pancréatique, acquiert aussi le même ouvoir. Il en est encore ainsi de la fibrine ou de la musculine. Le suc pancréaique et le suc gastrique concourraient donc au même but, la formation de albuminose ou peptone (**).

(*) Mélange de bile et de suc pancréatique.

(1) L. Corvisart, *Mém. cit.*

(2) *Loc. cit.*

(**) Nous ne faisons que rappeler ici l'opinion déjà réfutée précédemment, savoir : que l'estomac

Eberle (1) a examiné ce qui arrive lorsqu'on met en contact avec le suc pancréatique la partie filtrée du chyme provenant de la digestion de substances albuminoïdes : il a remarqué dit-il (p. 236), que l'acide de ce chyme précipite « la matière caséeuse et albumineuse » du suc pancréatique, précipité dont une douce chaleur opère bientôt la dissolution. Eberle ne dit point que la matière déjà *digérée* par le suc gastrique subisse aucune modification nouvelle sous l'influence du suc pancréatique. En effet, elle n'en subirait aucune, suivant L. Corvisart : cet expérimentateur, ayant pris des peptones ou albuminoses diverses produites par la digestion gastrique, les mélangea, à froid, avec des liquides pancréatiques doués d'un pouvoir digestif reconnu, et constata aussitôt, avant toute digestion possible les réactions chimiques du mélange; puis celui-ci fut mis à l'étuve pendant cinq ou six heures. Or, après ce laps de temps, plus que suffisant pour opérer une digestion nouvelle, celle-ci n'avait point eu lieu, car aucune des réactions primitives n'avait été changée. On comprendrait d'ailleurs difficilement que le suc pancréatique, s'il forme lui-même de l'albuminose, pût modifier celle qui provient de l'estomac.

Toutefois, il ne s'agit ici que de l'albuminose ou peptone pure, incoagulable par la chaleur, et non pas de cette matière appelée *albumine caséiforme* (Mialhe) qui, provenant d'aliments échappés à une action complète de l'estomac, rentre dans le nombre de ceux qui peuvent subir l'action du suc pancréatique.

Après le précédent examen, on est conduit à se demander comment le fluide pancréatique agit sur les aliments azotés complexes. Les recherches faites à ce sujet laissent encore à désirer : c'est ainsi (en ce qui concerne la viande) que, d'après une théorie qui nous est déjà connue, le tissu cellulaire serait dissous seulement par le suc gastrique, et la musculine seulement par le suc pancréatique ; si bien que, dans le second cas, les interstices celluleux remplis par les fibres musculaires primitives se videraient de leur contenu, tandis que, dans le premier, ces interstices disparaîtraient seuls dans la dissolution. D'après quelques recherches récentes (2) il paraîtrait que le tissu cellulaire de la viande peut aussi se dissoudre dans le suc pancréatique, et qu'il n'est point impossible au suc gastrique de dissoudre la fibre musculaire elle-même.

Rappelons d'ailleurs, en terminant, que la digestion des aliments azotés complexes, à l'aide du suc pancréatique, devient d'autant plus facile que leurs éléments constitutifs arrivent à l'intestin dans un état plus parfait de dissociation que la digestion gastrique elle-même nécessite une division préparatoire analogue mais moins avancée.

SUC INTESTINAL.

Les différents organes glanduleux, qui entrent en si grand nombre dans la structure de l'intestin (*voy.* chap. *Sécrétions*) versent à sa surface interne le

aurait pour fonction de dissoudre seulement le tissu gélatigène des matières azotées, et de donner ainsi naissance à un produit de nature gélatineuse. Dire que le suc pancréatique régit toute la partie chimique de la digestion, ou qu'il est le *représentant* de tous ses phénomènes chimiques, nous paraît une assertion exagérée et dépourvue de preuves suffisantes. Ne sait-on pas que le pancréas manque à tous les animaux invertébrés et peut-être aussi au plus grand nombre des poissons?

(1) *Physiol. der Verdauung*, p. 236. Würzburg. 1834.

(2) L. CORVISART, *Mém. cit.*

roduit sécrétoire. C'est à ce produit complexe et parfois si abondant qu'on donne énéralement le nom de *suc intestinal*; mais nous verrons, tout à l'heure, auquel des fluides sécrétés il faut appliquer plus spécialement cette dénomination. herchons d'abord par quel procédé on peut l'obtenir sans mélange de bile et de ıc pancréatique.

Autrefois, on se bornait à ouvrir l'intestin sur un animal vivant; puis, après ,oir abstergé sa surface, on l'irritait avec du sel ou du vinaigre étendu d'eau. C'est usi qu'ont fait Haller (1), puis, plus tard, Leuret et Lassaigne (2). De cette ıanière, on n'obtenait pas un produit assez pur ni assez abondant pour en étudier s caractères physiologiques et la composition. On n'arrivait pas à un meilleur ésultat, si l'on se contentait de recueillir tout simplement le contenu de l'intestin 'un animal vivant ou récemment tué, comme l'ont fait aussi Leuret et Lassaigne, 'iedemann et Gmelin (3). Tout ce que ces procédés avaient appris, c'est que le uide complexe de l'intestin grêle était assez généralement *alcalin*.

Frerichs (4), sur des chiens et des chats à jeun, comprit entre deux ligatures ne anse d'intestin vide et longue de 4 à 8 pouces; puis, la refoulant dans le ventre, sacrifia les animaux quatre à six heures après. Il dit avoir alors recueilli, dans la ortion de l'intestin isolée, une quantité médiocre de suc intestinal pur. Ce liquide tait visqueux, incolore et doué d'une réaction alcaline; il *transformait la fécule* n dextrine et en *glycose*, et *émulsionnait* les *matières grasses*. Dans ses expéiences, Frerichs crut trouver la sécrétion du gros intestin un peu plus abonante que celle de l'intestin grêle.

Le même moyen, employé par Bidder et Schmidt, ne leur permit pas de se proırer une quantité de fluide suffisante pour pouvoir être soumise à l'analyse ou ournir à l'expérimentation. Mais ils obtinrent du suc intestinal pur sur un chien ont ils avaient lié et isolé les conduits pancréatiques et cholédoque, chez lequel ıssi ils avaient établi une fistule biliaire et une fistule intestinale. Celle-ci avait ın siége dans l'intestin grêle, entre le premier et le second tiers de sa ongueur. s recueillirent le suc intestinal depuis le huitième jusqu'au douzième jour après opération; la quantité, trop petite pour être analysée, leur permit seulement 'exécuter quelques expériences sur les matières alimentaires. Le liquide était nace, filant et fortement alcalin.

Sur un autre chien, qui portait une fistule au côlon, ces expérimentateurs 'rent qu'ici la sécrétion intestinale semblait encore moindre que celle de l'in'stin grêle; mais, dans les deux cas, ils crurent lui reconnaître à peu près les ıêmes caractères.

Dans le but d'étudier l'*action* du *suc intestinal* chez l'animal vivant, Bidder et chmidt instituèrent un certain nombre d'expériences sur des chiens et des chats ui avaient jeûné vingt-quatre heures au moins. Ils ouvraient l'intestin grêle, ı-dessous de l'abouchement des canaux biliaires et pancréatiques, y introduiıient, enfermées dans un sac de tulle, de la *viande* ou de l'*albumine* l'une et autre cuites et préalablement pesées, puis ils fermaient l'intestin par des gatures, placées au-dessus, au-dessous et au niveau de chaque incision. L'intesn était alors replacé dans l'abdomen, la plaie fermée et les animaux tués quatre

(1) *Element physiol.*, VII, p. 37.
(2) *Ouv. cit.*, p. 141.
(3) *Ouv. cit.*, t. I, p. 102.
(4) *Ouv. cit.*, t. III, p. 350.

ou six heures après. Quelques-unes de ces expériences furent faites de manièr à exclure la sécrétion des glandes de Brunner, l'incision de l'intestin étant pra tiquée au-dessous du duodénum. Par ce procédé, ils constatèrent, *vingt et une fois* que le suc intestinal ramollit la viande et l'albumine cuites, leur fait perdre leu cohésion, en *dissout* et en *digère* une partie assez considérable. Dans huit expé riences, faites sur ces mêmes aliments hors du corps vivant, le suc intestinal leu donna les mêmes résultats.

Indépendamment de son influence *sur les matières grasses et féculentes* (influence qui, ici, d'après les mêmes auteurs (1), ne le cède guère en énergie celle du suc pancréatique) le suc intestinal représenterait donc l'agent princip qui achèverait de digérer cette partie des *corps albuminoïdes* échappée à l'actio de l'estomac et du suc gastrique.

Mais nous savons déjà quelle part importante revient, suivant d'autres physio logistes, au suc pancréatique dans cet acte digestif supplémentaire.

Tel que nous venons de l'envisager, le suc intestinal n'est pas encore un pro duit simple, bien qu'il ait été séparé des fluides sécrétés par le foie, le pancréas les glandes du duodénum (glandes de Brunner) ; car il provient encore de plusieu sources, à savoir : des liquides exhalés d'abord par les follicules agminés o plaques de Peyer, puis par les follicules isolés et aussi par les innombrables gland en tubes de Lieberkühn. Ce fait a été surtout mis en lumière par Colin (2), do les expériences ont fourni des résultats intéressants pour la question qui no occupe.

Sur un cheval en pleine digestion, Colin fait au flanc gauche une incision 8 à 10 centimètres, et attire au dehors une anse d'intestin grêle. A l'une des ex trémités, il applique un compresseur qui en maintient exactement les deux paro en contact ; partant de ce point intercepté, il presse doucement l'anse entre s doigts jusqu'à ce qu'elle soit débarrassée de son contenu dans une longueur 1 mètre 1/2 à 2 mètres ; alors il applique un second compresseur. Cela fait, l'an intestinale est refoulée dans le ventre et la plaie du flanc fermée. Au bout d'u demi-heure, l'animal est sacrifié par effusion de sang. L'anse intestinale compri entre les deux compresseurs est retirée ; elle renferme le suc intestinal qu'on lais descendre par son propre poids vers l'une des extrémités, et qu'on fait écoul à l'aide d'une petite ponction. La quantité de suc intestinal qu'on se procure la sorte est assez considérable : sur un grand nombre d'expériences, elle a été, moyenne, de 80 à 120 grammes en une demi-heure, pour une longueur 2 mètres d'intestin grêle. Elle est beaucoup moindre chez les sujets dont la *dig tion intestinale* est suspendue.

Le suc ainsi obtenu est composé de deux parties : l'une, en petite quantité, visqueuse et se sépare par le repos ou la filtration, c'est évidemment du *muc* l'autre, qui forme le reste de la masse, est très fluide, presque claire, d'u teinte un peu jaunâtre, d'une saveur légèrement salée, à réaction alcaline, av une densité de 1,010 à la température de 15 degrés centigrades.

L'existence de deux humeurs, concourant à former le suc intestinal, avait d été constatée par Leuret et Lassaigne dans une de leurs premières expériences,

(1) Bidder et Schmidt. *Ouv. cit.*, p. 282.
(2) *Traité de physiol. compar. des animaux domestiques*, Paris, t. I, 1854, p. 645.

ils avaient vu aussi sourdre, par les orifices de la muqueuse, un *liquide* plus ténu que le *mucus*.

Ce liquide qui, isolé du mucus, peut véritablement prendre le nom de *suc intestinal*, transforme, d'après Colin, la fécule cuite en sucre et opère l'émulsionnement des matières grasses, sans leur donner une réaction acide. Lassaigne, qui en a fait l'analyse, l'a trouvé composé de

Eau	98,10
Albumine	0,45
Chlorure sodique — potassique; Phosphate, Carbonate sodiques	1,45
	100,00

La *partie fluide*, et dépourvue de viscosité, est fournie par les glandes en tubes de Lieberkühn ; le *mucus* provient des follicules isolés et agminés.

Le développement considérable de ces derniers follicules, dans le duodénum du cheval, a permis à Colin d'en recueillir le produit, à l'aide d'une expérience analogue à celle que nous avons citée. Il obtint 80 grammes d'un liquide visqueux, épais, doué d'une saveur salée, légèrement alcalin, ne se coagulant point par la chaleur et n'émulsionnant ni n'acidifiant les matières grasses. L'analyse donna à Lassaigne : eau, 98,47 ; mucus, 0,95; chlorure de sodium et carbonate de soude, 0,48 ; sous-phosphate de chaux, 0,10. Sa densité était de 1,008 à la température de 15 degrés centigrades.

Quant aux fluides exhalés dans le *gros intestin*, Bidder et Schmidt n'ont pu l'obtenir en quantité suffisante pour en bien étudier les caractères. Colin n'a pu, sur le cheval, arriver à aucun résultat précis (*).

Il résulte des faits précédents que le liquide recueilli par Frerichs, par Bidder et Schmidt, était bien aussi du suc intestinal (l'action sur les matières grasses, amylacées et albuminoïdes révèle assez sa nature), mais qu'il était mêlé à une certaine quantité de mucus provenant de la sécrétion des follicules agminés et isolés, comme l'indiquait la consistance visqueuse et filante que ces expérimentateurs ont trouvée au produit qu'ils avaient obtenu. Colin a donné de ce fait une démonstration qui laisse peu à désirer, en observant la séparation du suc intestinal en deux parties, et en assignant, par l'analyse, une composition différente à chacune d'elles.

Tel est donc le *suc intestinal* que, dans quelques-unes de leurs expériences chez l'animal ou hors du corps, Bidder et Schmidt (1) ont trouvé doué d'une action passablement énergique même relativement aux matières albuminoïdes. Aussi Leuret et Lassaigne (2) ne s'éloignaient-ils pas trop de la vérité, quand, en parlant des liquides fournis par l'intestin, ils disaient que « *sans doute ils étaient les mêmes que ceux de l'estomac.* » Sans vouloir admettre l'identité de leur rôle, évidemment on ne saurait nier une certaine analogie.

(*) STEINHAEUSER (*De sensibil. et function. intest. crass.* Leipzig, 1841), chez une personne atteinte de fistule du *gros intestin*, introduisit, par le bout inférieur, de la viande ou de l'albumine cuite ; ces matières furent évacuées par l'anus sans avoir subi d'altération appréciable.

(1) *Loc. cit.*, p. 282.
(2) *Loc. cit.*, p. 145.

Rappelons, en terminant, que, contrairement à l'opinion souvent émise que le *mucus* du cæcum est acide, Frerichs a prouvé qu'il est alcalin comme celui des autres portions des intestins. Nous dirons, plus loin, pourquoi le *contenu* du cæcum est néanmoins si souvent acide.

DES DIVERS ÉLÉMENTS DU CHYME CONSIDÉRÉS DANS LES INTESTINS.

D'après tous les détails dans lesquels déjà nous sommes entré à propos de l'étude de chacun des fluides digestifs (salive, suc gastrique, bile, fluide pancréatique et suc intestinal), il nous sera permis d'abréger beaucoup l'exposé qui va suivre.

Le plus simple examen fait reconnaître que la digestion des diverses substances alimentaires est loin d'être achevée dans l'estomac, et que, parmi elles, il en est même qui n'y subissent aucune modification appréciable.

Dans le cas d'alimentation mixte, le *chyme*, lorsqu'il entre dans l'intestin grêle, contient : des matières albuminoïdes qui n'ont pu encore être digérées ou absorbées dans l'estomac ; des matières féculentes dont une assez faible partie seulement a été transformée en sucre par la salive ; toute la graisse qui, ingérée avec les aliments, est devenue liquide par la chaleur du corps et s'est divisée en gouttes ou gouttelettes encore visibles à l'œil nu ; les parties insolubles ou peu solubles de la nourriture animale, tels que les ligaments, les tendons, les os ; des parties désagrégées, mais non digérées, de la nourriture végétale ; divers sels qui ne sont que peu solubles dans l'acide gastrique ; de la *salive*, du *suc gastrique* et les matières que ces fluides tiennent encore en dissolution ; enfin de faibles proportions d'acide lactique, quelquefois d'acide acétique ou même d'acide butyrique qui proviennent des métamorphoses des aliments eux-mêmes, faibles proportions qui, du reste, augmenteront ultérieurement dans l'intestin.

La précédente masse acide, qui, comme nous l'avons vu, ne traverse pas d'emblée le duodénum, mais est ramenée par des mouvements antipéristaltiques plusieurs fois vers le pylore, se mêle bientôt et peu à peu aux divers fluides qui sont versés dans cet intestin. Elle y rencontre la *bile*, le *fluide pancréatique* et le *suc intestinal*, sécrétions alcalines qui diminuent, mais ne neutralisent pas d'abord l'*acidité* du chyme, due, en ce point, surtout au suc gastrique. Ce sont ces différents sucs digestifs, dont nos études antérieures nous ont révélé toute l'importance physiologique, qui mélangés vont concourir à l'accomplissement de la digestion intestinale, dont l'importance, sous le rapport des effets produits, ne le cède point généralement à celle de la digestion stomacale.

Métamorphose plus complète des matières féculentes en dextrine et en glycose ; conversion du sucre de canne en glycose, puis formation d'acide acétique et d'acide lactique aux dépens d'une portion de ce dernier principe sucré ; production accidentelle d'acide butyrique ; émulsionnement des matières grasses ; dissolution et transformation complémentaires de la portion des matières albuminoïdes qui a franchi le pylore sans être digérée dans l'estomac ; enfin séparation des produits à absorber et de ceux à expulser : tels sont les phénomènes nombreux de la *digestion dans l'intestin*, phénomènes dont la plupart ont déjà longuement fixé notre attention.

I. Divers physiologistes ont cru que les *matières albuminoïdes* pouvaient continuer à se dissoudre, à l'aide du suc gastrique dont elles sont imprégnées, tant que le chyme restait acide, ce qui a lieu dans la plus grande longueur de l'intestin grêle. Mais il ne saurait en être ainsi, du moins de la majeure partie de ces matières, attendu que la bile, dès qu'elle est versée en quantité suffisante, et le suc pancréatique lui-même (1) empêchent l'action du suc gastrique et anéantissent son ferment. Plus loin, suivant Bidder et Schmidt, quand le chyme est devenu neutre ou alcalin, le *suc intestinal* dominerait et dissoudrait la portion des matières azotées qu'on regarde comme soustraite à l'influence du suc gastrique. D'après une autre opinion, c'est au liquide mixte provenant du mélange de la bile et du suc pancréatique que serait confié ce dernier rôle : le suc gastrique dissoudrait la partie celluleuse de l'aliment azoté (viande, par exemple) et ne ferait qu'en dissocier les autres éléments ; puis cette partie serait précipitée de sa dissolution par la bile, pour être définitivement dissoute avec les autres éléments dans le précédent mélange. Plusieurs fois déjà nous avons dit ce que nous pensions de cette manière de voir. Enfin, suivant une autre opinion, le suc pancréatique pourrait, même seul, opérer la digestion des matières albuminoïdes échappées à l'estomac, ce qui n'exclut pas l'idée qu'il puisse aussi agir concurremment avec les autres fluides intestinaux (2).

Il est des auteurs qui hésitent encore à dire si l'albumine, qu'on fait digérer dans le suc intestinal, s'y dissout simplement, ou bien si elle y subit une transformation réelle comme dans le suc gastrique. On trouve toujours, il est vrai, dans l'intestin grêle une certaine quantité d'albumine seulement dissoute, et reconnaissable à l'aide des réactifs ordinaires ; mais, comme cette albumine diminue à mesure qu'on se rapproche du gros intestin, et qu'elle se rencontre surtout au commencement de l'intestin grêle, on a pu supposer qu'elle provient des sécrétions intestinales et du suc pancréatique lui-même si riche en albumine. D'ailleurs, le fait a été constaté, on la rencontre aussi dans l'intestin d'animaux dont la nourriture (gélatine, etc.) n'en contenait aucune trace. Sa plus grande abondance, après un repas composé d'aliments azotés, s'expliquerait par l'hypersécrétion des précédents sucs digestifs, et peut-être aussi par la présence de certains albuminoïdes incomplétement transformés par le suc gastrique. D'après les expériences déjà citées (p. 272), il nous paraît très probable, sinon démontré, que le *suc intestinal* ne dissout pas simplement l'albumine, mais que, pour la rendre assimilable, il lui fait subir une transformation isomérique.

Autrefois on avait admis, avec Viridet, qu'une seconde digestion des matières albuminoïdes pouvait avoir lieu spécialement dans le *cæcum*. Tiedemann et Gmelin adoptèrent cette opinion ; mais rien ne vient à l'appui d'une pareille hypothèse, si ce n'est l'acidité de la masse alimentaire dans ce compartiment de l'intestin. Nous aurons occasion de revenir sur ce point.

Arrivés dans le *gros intestin*, les aliments azotés ont ordinairement déjà éprouvé toutes les modifications dont ils sont susceptibles, et alors ce qui en reste est expulsé, avec les fèces, le plus souvent sans aucun autre changement qu'une désagrégation partielle et une coloration plus prononcée, par imbibition de la matière

(1) L. CORVISART, *Mém. cit.*
(2) *Ibid.*

colorante de la bile. Avec le régime animal, on retrouve néanmoins assez souvent des particules de viande quand on soumet les fèces à l'investigation microscopique.

II. Quant aux *matières féculentes*, elles trouvent, surtout dans les sucs pancréatique et intestinal, des agents qui les changent en glycose et qui complètent ainsi l'effet commencé par la salive. Déjà, dans l'estomac et au commencement de l'intestin, beaucoup de grains d'amidon, qui ne sont pas encore transformés en sucre, sont dépouillés de leur enveloppe et dissociés en granules; toutefois, quand l'ingestion féculente a été abondante, on peut trouver encore, même dans le rectum, des grains d'amidon épars qui n'ont pas été altérés. On sait depuis longtemps que la glycose elle-même se change assez facilement, dans l'intestin, en *acide lactique* : c'est ce qui arrive surtout dans l'iléon et aussi dans le cæcum où, chez les herbivores, les aliments séjournent si longtemps. Dans l'intestin, la métamorphose de l'amidon, ou plutôt de la glycose, peut encore se poursuivre; d'où la formation d'une certaine quantité d'*acide butyrique.*

Jusqu'à présent, on avait admis que la plus grande partie de la glycose produite dans l'intestin était absorbée sous cette forme, tandis qu'une faible partie seulement éprouvait la fermentation lactique : les expériences récentes de Lehmann (1) tendraient à faire croire que la glycose est à peine absorbée avant sa transformation en acide lactique, ce chimiste n'ayant pu trouver des quantités appréciables de glycose dans la veine porte des animaux nourris de matières féculentes. Mais nous verrons, dans une autre partie de cet ouvrage, que l'opinion de Lehmann n'est pas admissible, et qu'en réalité la plus grande partie de la glycose formée pénètre, en nature, dans le système vasculaire.

Herbst (2) prétend avoir observé chez des chiens, après des injections d'empois d'amidon faites dans le tube intestinal, qu'une très petite quantité d'amidon passait dans le chyle sans avoir perdu la propriété de se colorer en bleu par l'iode; et cet auteur admet, en effet, que des granules microscopiques d'amidon sont absorbés, à l'état solide, à l'aide de la pression exercée par les parois de l'intestin. Bien que cette doctrine du passage de matières solides dans les vaisseaux absorbants puisse paraître moins improbable, depuis qu'on assure que le fait sur lequel elle repose a été directement observé chez quelques animaux inférieurs, et notamment les infusoires, nous avouons qu'il nous répugne toujours de l'admettre, et nous pensons qu'on ne saurait encore généraliser un pareil fait qui paraît lié à quelque circonstance particulière jusqu'à présent inconnue.

III. Toutefois, ce qui arriverait exceptionnellement pour les particules solides peut-il se produire régulièrement, dans l'intestin, pour les fluides réduits à des globules microscopiques, non miscibles à l'eau, et incapables de pénétrer dans l'organisme par voie d'endosmose? Cela a été admis pour les *corps gras.*

L'observation démontre qu'en général, au commencement de l'intestin, on trouve encore les matières grasses sous forme de gouttes visibles à l'œil nu, mais que dans la longueur du canal intestinal elles s'émulsionnent, c'est-à-dire se divisent en gouttelettes d'une finesse extrême suspendues dans un liquide. Ces gouttelettes, qui souvent n'ont pas plus d'un millième de millimètre de diamètre, adhè-

(1) *Physiol. Chemie*, III, p. 341-344.
(2) *Das Lymphgefassystem.*, etc.: Gottingen, 1844, p. 233.

rent en partie aux villosités, et, d'après les recherches de Weber, Lehmann, Frerichs, Kölliker et d'autres auteurs, elles pénètrent dans leurs cellules épithéliales, qui en sont bientôt remplies. Plus tard, après l'ingestion d'une nouvelle quantité de matières grasses, on trouve les gouttelettes plus avancées; elles entrent dans le tissu même de la villosité, puis bientôt dans un vaisseau lymphatique, qu'ils remplissent de plus en plus en formant une strie lactée. Frerichs dit avoir surpris quelquefois un granule de graisse à demi engagé. Si cette observation laisse quelque doute, c'est qu'il est très facile de prendre deux gouttes de graisse pour une seule qui ne serait que divisée par le contour d'une cellule épithéliale.

Ces faits, que nous exposerons plus amplement dans le chapitre de l'*Absorption*, joints à ceux qu'ont observés Bouchardat et Sandras, Lehmann, Bidder et Schmidt (faits qui démontrent que la graisse contenue dans le chyle s'y trouve à l'*état neutre*), rendent très vraisemblable l'opinion que l'absorption des matières grasses s'accomplit régulièrement par une pénétration mécanique des parois des vaisseaux absorbants, et qu'elles sont en effet *absorbables* surtout à l'état d'émulsion, c'est-à-dire quand elles sont réduites en granules microscopiques, mais *non décomposées*. Toutefois, il ne faudrait peut-être pas absolument nier, contre le sentiment de Moleschott, qu'une certaine partie de la graisse, celle qui séjourne plus longtemps dans l'intestin, ne pût aussi être absorbée à l'état de savon, pour redevenir ensuite graisse neutre.

Les matières grasses, on l'a vu plus haut, s'émulsionnent par le suc pancréatique et par le suc intestinal. La bile contribue aussi à leur émulsionnement; mais le rôle important de ce fluide, dans l'absorption des graisses, paraît être de déterminer, comme nous l'avons dit, la contraction des *villosités intestinales* qui chassent ainsi vers les lymphatiques la graisse dont elles sont presque exclusivement remplies, pour faire place à l'introduction d'une nouvelle quantité de cette matière. A mesure que les mouvements de l'intestin présentent, au contact de ses parois, le chyme mêlé dans son trajet à de nouvelles parties de bile, les contractions lentes des villosités se renouvellent. Quant à la portion de graisse ingérée, qui *dépasse* le pouvoir absorbant en rapport avec une digestion complète, elle est expulsée avec les fèces.

Bidder et Schmidt croient pouvoir expliquer autrement le rôle de la bile dans l'absorption intestinale de la graisse : Si l'on plonge dans l'huile deux tubes capillaires dont l'un est humecté de bile intérieurement, on voit l'huile s'élever beaucoup plus haut dans ce dernier que dans l'autre; de là cette conclusion que la présence de la bile dans une membrane augmente sa perméabilité à la graisse et que la bile doit agir de la sorte sur les parois de l'intestin. Il est difficile d'adopter cette explication; car, assurément, les parois de l'intestin gonflées d'eau ne sont guère comparables à un tube de verre qui ne contient d'autre liquide que la bile qui l'humecte.

IV. La *cellulose* paraît réfractaire à tous les liquides digestifs et passe tout entière dans les fèces. Même chez le castor, dont elle constitue en grande partie la nourriture, on n'a pu encore trouver un agent qui la dissolve; et Lehmann (1) ainsi que Weber (2) n'ont pas réussi à découvrir même quelques fragments de cellulose partiellement transformés en amidon ou en dextrine. Les expé-

(1) *Physiol. Chemie*, t. III, p. 234.
(2) *Berichte der Leipziger Akademie*, t. II, p. 192.

riences que Funke (1) a faites avec le produit de la sécrétion du grand cæcum des herbivores, ont été également négatives. Toutefois, il n'est pas impossible que l'alcali du suc intestinal n'opère cette transformation sur une faible proportion de la cellulose ingérée, à la manière des solutions alcalines très étendues, comme l'a découvert Mitscherlich (2). La substance intra-cellulaire étant soluble, les cellules ligneuses doivent tendre à se désagréger de plus en plus.

Les ligaments et les tendons, la *pectose* surtout, demeurent assez souvent presque intacts, après avoir parcouru le canal alimentaire : on peut les retrouver, en grande partie, dans les fèces.

V. Dans le duodénum, le chyme, imbibé des sécrétions aqueuses qu'il reçoit, devient très fluide, beaucoup plus qu'il ne l'était en sortant de l'estomac. Dans les portions inférieures de l'intestin grêle, au contraire, il prend plus de *consistance* en raison de la résorption de la partie aqueuse de ces sécrétions et des matières dissoutes : vers la fin de l'iléon surtout, le chyme se concentre davantage, car il y est très longtemps retenu par les mouvements antipéristaltiques de cet intestin. Enfin, dans le cæcum, la perte d'eau est devenue si considérable, que le contenu intestinal, en entrant dans le côlon, n'est guère plus humide qu'au moment de son expulsion du rectum.

Quant à l'*acidité* du chyme, qui d'abord est due surtout au suc gastrique, elle est ordinairement neutralisée peu à peu par la bile, le fluide pancréatique, le suc intestinal et, dans le voisinage du gros intestin, par un peu d'ammoniaque qui résulte d'un commencement de décomposition. De là vient qu'en général le dernier tiers de l'intestin grêle contient un chyme d'abord neutre, puis alcalin. Mais, dans les cas où les aliments contiennent une grande quantité de sucre ou d'amidon, il peut se former, dans l'intestin, de l'acide lactique et aussi de l'acide butyrique, au point que si un animal a mangé du pain de seigle, par exemple, souvent tout le contenu de son tube intestinal est acide ; toutefois cette acidité est plus faible que celle de l'estomac et même du duodénum. Le développement de l'acide lactique dans le cæcum est surtout très manifeste après une nourriture végétale ; et comme le résidu des aliments y séjourne quelquefois très longtemps, le *contenu cæcal* peut rester encore acide lors même que, pendant vingt-quatre ou trente-six heures, l'animal n'a pris que de la viande. C'est ce qui arriva dans quelques-unes des expériences de Tiedemann et Gmelin, et fit supposer à tort que la *sécrétion du cæcum* était acide. Même chez les animaux dont le cæcum est très petit, les aliments y restent longtemps à cause de la lenteur de ses mouvements, et donnent lieu aux mêmes phénomènes. Dans le gros intestin, l'acidité peut *augmenter*, après une alimentation légèrement azotée, par la formation d'acide butyrique, ou *diminuer* si des aliments azotés il se dégage de l'ammoniaque.

L'état du chyme est donc sujet à de nombreuses variations, et tandis qu'en général l'acidité due à une nourriture végétale est plus répandue dans tout le trajet intestinal, l'acidité qui résulte d'aliments azotés, bien marquée au commencement de l'intestin grêle, fait place plus bas à l'alcalinité. On peut voir, dans l'ouvrage de Tiedemann et Gmelin (3), comme ces règles générales se modifient dans

(1) WAGNER'S *Physiol.*, 4e édit. — Leipzig, 1854, p. 227.
(2) *Annal. Med. Chem. Pharm.*, t. LXX, p. 305.
(3) *Rech. expér. physiol. et chim. sur la digestion*, trad. de Jourdan, t. I, p. 192, 252, 274 382 et suiv.

les différentes expériences, et combien il est souvent difficile, après l'ingestion d'aliments composés, de se rendre compte de la cause des phénomènes variés qu'on observe sous ce rapport. Aussi, supposer qu'après une alimentation végétale le chyme de l'intestin grêle est toujours alcalin, qu'il est toujours acide après une alimentation animale, est une généralisation évidemment prématurée qui se fonde sur des faits qu'on pourrait plutôt regarder comme exceptionnels.

Rappelons que, quand le chyme est devenu acide dans le gros intestin, son acidité peut encore aider à la dissolution de plusieurs de ses éléments et rendre par conséquent absorbables quelques matières échappées à l'action de l'estomac : c'est ainsi que, chez les herbivores, s'achève la dissolution des sels de chaux et de magnésie, et même de plusieurs matières albuminoïdes végétales qui sont solubles dans les acides dilués. Les analyses comparatives, données par Tiedemann et Gmelin, fournissent des preuves positives à l'appui de cette assertion.

La *coloration* du chyme ou de la bouillie alimentaire varie quand on l'observe à des hauteurs diverses de l'intestin. Après son arrivée dans l'intestin grêle, la bile donne d'abord au chyme une couleur jaune plus ou moins marquée ; et comme, dans la décomposition de la bile, sa matière colorante est en général à peine absorbée, la couleur se fonce davantage et devient verdâtre vers la fin de l'iléon. Là, cette matière colorante est encore reconnaissable à sa réaction particulière avec l'acide nitrique ; puis elle devient brune dans le gros intestin, et alors elle ne se reconnaît plus à l'aide de cet acide. C'est elle qui, chez l'homme, donne aux *fèces* leur couleur caractéristique, couleur qui manque dans les cas d'ictère quand l'afflux de la bile dans l'intestin est totalement empêché. Chez les herbivores, les changements de la matière colorante ne paraissent pas aller aussi loin; celle-ci reste verte. Chez le chien, elle semble être absorbée dans l'intestin en proportion assez notable : c'est ainsi que peut s'expliquer la couleur pâle qu'offfrent si souvent les fèces de cet animal.

Valentin (1) attribue surtout à la décomposition de la bile l'*odeur* particulière qui s'exhale des matières fécales. Si, dit-il, on dessèche le précipité de la bile humaine en décomposition, on obtient un corps brun qui, au moment où l'on y ajoute de l'eau, répand l'odeur d'excréments humains de la manière la plus prononcée. En répétant cette expérience avec de la bile de bœuf, on a une matière jaune verdâtre qui exhale l'odeur bien connue de la *bouse de vache*. Il est vrai qu'en l'absence de la bile la décomposition des matières albuminoïdes elles-mêmes peut aussi, dans l'intestin, donner lieu à une odeur des plus désagréables : quand, dans l'ictère, la bile cesse d'être versée dans l'intestin, les fèces sont assurément très fétides, mais elles n'ont plus leur odeur naturelle.

La même nourriture, chez différents animaux, ne produit pas la même odeur de fèces; au contraire, celles-ci retiennent toujours l'odeur propre à tel ou tel animal, odeur qu'on retrouve, mais moins prononcée, dans l'exhalation cutanée, l'urine et le sang lui-même.

Les observations de Valentin prouvent, en effet, que si l'odeur caractéristique de l'animal provient du sang, elle est inhérente aussi à d'autres liquides, mais bien plus faiblement qu'à la bile; dès lors, si la digestion est assez rapide pour que la putréfaction ne puisse avoir lieu, et si en même temps les autres sécrétions intestinales sont versées en abondance, les excréments pourront contracter encore,

(1) *Lehrbuch der Physiologie*, t. I, p. 369. — *Grundriss der Physiol.*, etc., 3e édit., p. 160.

jusqu'à un certain point, l'odeur caractéristique de l'animal sans le secours de la bile. C'est ce qui paraît avoir eu lieu chez le chien porteur d'une fistule biliaire et soumis à l'observation de Blondlot : malgré la soustraction de la bile, non-seulement l'animal rendait des excréments ayant l'odeur ordinaire, mais, assure cet auteur, il digérait aussi en partie les corps gras, et il se maintint longtemps en bonne santé ; ce qui prouve que les autres fluides, qui suppléaient l'action de la bile, avaient dû être relativement sécrétés en plus grande abondance.

Tout en admettant, avec Valentin, que les excréments doivent surtout leur odeur à l'intervention de la bile, il faut donc reconnaître aussi que les autres liquides intestinaux y contribuent pour une certaine part. Blondlot (1) est assurément trop exclusif, quand il ne rapporte cette odeur qu'à un principe huileux sécrété par le gros intestin.

Liebig (2) fait observer que, pour produire une odeur rappelant celle des fèces, les matières albuminoïdes ont besoin d'être traitées, artificiellement, par les alcalis et à une température qu'on ne retrouve jamais chez l'animal vivant.

VI. Nous venons de dire comment se produisent graduellement, dans le cours de la digestion intestinale, la *consistance*, la *couleur* et l'*odeur* des matières fécales.

Quant à leur *composition*, les analyses chimiques faites par Zierl, Simon, Schrœder, Einhof et Thaer (3), Berzelius (4), et plus récemment par Schmidt (5), Ihring (6) et Vehsarg (7), confirment les résultats que les expériences physiologiques et l'induction avaient déjà fournis sur la nature des éléments de ces matières. Celles-ci ne renferment pas seulement les principes insolubles ou une partie des aliments ingérés en excès ; on y retrouve encore des substances très assimilables, mais qui arrivent sous certaines conditions, comme des graines ou des fruits entiers dont les téguments n'ont pu être mécaniquement divisés ni transformés dans le canal alimentaire. On y rencontre aussi quelquefois des parcelles d'albumine (même quand les aliments n'en avaient pas contenu un excès), si, dans l'intestin grêle, ces parcelles se sont trouvées comme emprisonnées dans des combinaisons insolubles des produits de la bile. Outre la cellulose et l'épiderme végétal, on retrouve, dans les fèces, des débris de tendons et de tissu fibreux animal, de la viande désagrégée, mais non digérée, sur laquelle on reconnaît encore les stries transversales du tissu musculaire ; des fragments osseux ou de la poudre calcaire si l'animal avait mangé des os ; des parties colorées de quelques végétaux particuliers, quelquefois des feuilles entières, mais peu reconnaissables de prime abord, à cause de leur décoloration ; enfin des graisses et de l'amidon non altéré.

Quand, par une cause quelconque, il s'est développé de l'ammoniaque dans l'intestin, on voit souvent dans les fèces de petits cristaux de phosphate ammoniaco-magnésien. Schœnlein (8), qui les a découverts dans les fèces d'individus atteints de typhus, les crut particuliers à cette affection ; mais il en existe che-

(1) *Traité de la digestion*, p. 442.
(2) *Thierchemie*, *etc.*, 3e édit., p. 137.
(3) *Grundsaetze der rationellen Landwirthschaft*, t. IV.
(4) *Traité de chimie*, trad. franç. par Esslinger, t. VII, p. 268 et 273. Paris, 1833.
(5) *Loc. cit.*
(6) *Mikrosk. chemische Untersuchung menschlischer Fæces*. Giessen, 1852.
(7) *Mikrosk. und chemische Untersuchung der Fæces gesunder Menschen*. Giessen, 1853.
(8) MULLER'S *Archiv*, 1836, p. 258.

beaucoup d'autres malades et même dans l'état sain. Déjà on peut les apercevoir dans le côlon.

Si les aliments renferment beaucoup d'amidon, on pourra constater dans les fèces la présence du sucre (*glycose*) avec des grains féculents inaltérés.

Les fèces ont une réaction neutre, alcaline ou acide. Quelquefois on les trouve acides dans leur centre et revêtues d'une écorce alcaline. Dans beaucoup de diarrhées où les matières parcourent trop rapidement le canal intestinal, la couleur et la consistance des fèces peuvent rester ce qu'elles étaient au commencement de l'intestin grêle : ces matières sont aqueuses, et le principe qui les colore est encore verdâtre ou même jaune.

Lors d'une abstinence prolongée, les fèces ne contiennent que des cellules d'épithélium et les divers produits de la métamorphose des sucs intestinaux : tel est aussi le méconium des nouveau-nés (1).

G. Valentin (2) a donné de belles figures des éléments microscopiques des fèces normales.

Gaz du tube digestif.

Quand on ouvre un animal vivant, on constate que son tube digestif renferme toujours des *gaz*, dont la production et la quantité dépendent, en partie, non-seulement de la nature des aliments dont l'animal s'est nourri, mais encore de l'état de santé dans lequel il se trouve.

Toutes les fois qu'on accomplit un mouvement de déglutition, pour avaler des aliments ou seulement de la salive, on avale aussi une certaine quantité d'air qui passe dans le canal digestif. Il est même des individus qui peuvent introduire assez de ce fluide dans leur estomac, et jusque dans leurs intestins, pour donner lieu à une tympanite et simuler ainsi un état morbide. Les aliments entraînent aussi avec eux une certaine quantité d'air atmosphérique qui leur reste adhérent ou qui les pénètre pendant la mastication. Quant aux autres gaz du canal digestif, s'ils proviennent surtout de la réaction chimique que les substances alimentaires ingérées dans ce canal exercent les unes sur les autres pendant la digestion, ils semblent aussi pouvoir provenir des mouvements de décomposition et de recomposition qui résultent du mélange même des divers liquides (salive, bile, fluide pancréatique, suc intestinal, mucus), versés dans les voies digestives.

L'oxygène, l'azote, l'acide carbonique, l'hydrogène, l'hydrogène carboné, l'hydrogène sulfuré, et exceptionnellement l'oxyde de carbone, tels sont les divers gaz qui, en s'associant d'une manière variable, entrent dans la composition du produit gazeux de l'appareil digestif. Mais la science n'a encore pu établir rien de précis relativement à l'*origine* de chacun de ces gaz : on a regardé comme probable que la décomposition des sulfates en présence des matières organiques produisait l'hydrogène sulfuré, qui, d'ailleurs, existe en assez faible proportion ; que l'acide carbonique provenait de l'action exercée sur les carbonates des aliments par les acides propres au suc gastrique ou par d'autres acides qui se développent durant le travail même de la digestion. Du reste, on sait combien ce même gaz carbonique et l'hydrogène prennent facilement naissance dans les fermentations organiques.

(1) LEHMANN, *Physiol. Chemie*, t. II.
(2) *Grundriss der Physiol.*, t. I, fig. XVII.

Les produits gazeux gastro-intestinaux offrent des *différences* suivant la portion du canal alimentaire où on les recueille. Dans la cavité de l'estomac, on ne trouve le plus ordinairement que de l'air atmosphérique introduit pendant l'ingestion des aliments. L'oxygène de cet air est promptement absorbé, et déjà, dans l'intestin grêle, il n'y a plus que du gaz azote uni à de l'acide carbonique, à de l'hydrogène pur, ou, dans le gros intestin, à de l'hydrogène carboné et sulfuré. Chez les animaux en bonne santé, ces gaz sont en général peu abondants ; leur quantité augmente notablement dans les mauvaises digestions. La nature des aliments, comme nous l'avons dit, a d'ailleurs une influence incontestable sur leur production.

On doit à Chevreul (1) plusieurs analyses concernant les gaz intestinaux de l'homme. Elles ont été faites sur des suppliciés ouverts peu de temps après la mort, et qui, jeunes et vigoureux, présentaient les conditions les plus favorables à de semblables recherches. Nous donnerons ici une de ces analyses.

Les gaz renfermés dans l'appareil digestif d'un jeune homme de vingt-quatre ans, qui, deux heures avant son supplice, avait mangé du pain et du fromage de gruyère et bu de l'eau rougie, contenaient :

	Estomac.	Intestin grêle.	Gros intestin.
Oxygène.	11,0	0,0	0,0
Acide carbonique	14,0	24,4	43,0
Hydrogène pur	3,6	55,3	4.5 (*)
Azote.	71,4	20,1	51,0
Hydrogène carboné	00,0	00,0	5,4

Jurine (2), de Genève, a avancé que la quantité d'acide carbonique est plus grande dans l'estomac et dans l'intestin grêle que dans le gros intestin, et qu'au contraire celui-ci contient plus d'azote que l'intestin grêle et l'estomac, résultats qui ne s'accordent point avec ceux de Chevreul. Les recherches de Jurine, faites à une époque où les procédés eudiométriques laissaient beaucoup à désirer, avaient eu pour sujet un fou mort de froid et autopsié immédiatement.

Quant à Chevillot (3), à qui l'on doit les recherches les plus étendues sur les gaz du tube digestif, surtout dans l'état pathologique, il est arrivé aux conclusions suivantes : 1° Dans l'état de maladie, on ne rencontre que six espèces de gaz dans le tube digestif de l'homme (azote, acide carbonique, hydrogène pur, oxygène, hydrogène proto-carboné et hydrogène sulfuré) ; 2° l'azote se trouve en plus grande quantité chez l'homme mort de maladie que chez l'homme sain ; ce qui, dans plusieurs cas, est l'inverse pour l'acide carbonique ; 3° le gaz carbonique va généralement en augmentant dans le tube digestif de l'homme malade à la température de + 11 à 21 degrés centigrades, et il va en diminuant à celle de — 2° à + 3° ; 4° chez les sujets adultes, la quantité de gaz hydrogène est plus considérable à la température de + 11 à 16 degrés qu'à celle de — 1° à + 6°, tandis que l'inverse a lieu chez les vieillards dans les mêmes circonstances de température ; 5° enfin l'hydrogène est plus abondant dans les intestins grêles que dans l'estomac et les gros intestins, et, par conséquent, il ne va pas en augmentant vers ces derniers, comme on l'avait dit jusqu'à présent.

(1) *Nouveau Bulletin de la Société philomatique*, 1816, p. 129. — *Id.* dans *Annales de chimie et de physique*, t. II, 292.

(*) Avec trace d'hydrogène sulfuré.

(2) *Mém. de la Soc. de méd.*, t. X, p. 77 et suiv.

(3) *Recherches sur les gaz de l'estomac et des intestins de l'homme à l'état de maladie* (Thèse inaug.). Paris, 1833, n° 194. — *Id.* dans *Gaz. méd. de Paris*, 1833, p. 617 et suiv.

Il importe de rappeler que, en l'absence des aliments et des réactions chimiques de la digestion, on observe assez fréquemment des accumulations plus ou moins considérables de gaz dans le canal alimentaire. Cela a lieu surtout chez les personnes atteintes d'hystérie, d'hypochondrie, de chlorose, etc. Ajoutons que l'expérience a démontré que si une anse intestinale, préalablement vidée de tout ce qu'elle pouvait contenir et comprise entre deux ligatures, est replacée dans l'abdomen d'un animal vivant, elle ne tarde point à se remplir de gaz, qui souvent nissent par la distendre outre mesure. Dans ces cas, il est difficile d'affirmer si le dégagement gazeux provient de la décomposition des humeurs sécrétées par la muqueuse intestinale et ses annexes, ou bien si le sang, qui tient en dissolution de l'acide carbonique, de l'azote et de l'oxygène, laisse s'exhaler ces gaz à travers les parois des vaisseaux de l'intestin.

Quelquefois, les gaz intestinaux peuvent être retenus et complétement emprisonnés par le sphincter de l'anus, qui s'oppose à leur expulsion. Néanmoins, en pareil cas, on les voit souvent disparaître peu à peu, ce qui ne peut avoir lieu qu'autant qu'ils sont absorbés et dissous par les humeurs intestinales, avec lesquelles ils passent dans les lymphatiques ou dans les veines ; car, tant qu'ils conservent la forme de gaz, il n'est guère présumable que les vaisseaux s'en emparent. Mais, d'autres fois ni l'expulsion ni la résorption ne s'opèrent, et alors il survient des tympanites qui peuvent être mortelles si l'on n'apporte un prompt secours. Cela s'observe assez fréquemment chez les vaches qui ont mangé des fourrages verts. Lameyran et Frémy (1), ayant analysé les gaz extraits par la ponction d'une vache ainsi météorisée, ont trouvé qu'ils étaient composés de : hydrogène mêlé d'hydrogène sulfuré, 80 ; hydrogène carboné, 15 ; acide carbonique , 5 ; = 100.

C'est dans ces sortes d'accumulations gazeuses excessives qu'on a vu parfois réussir une potion ammoniacale préparée en ajoutant 15 grammes d'ammoniaque à un demi-litre d'eau. L'acide carbonique et l'hydrogène sulfuré doivent, en effet, être absorbés par ce mélange s'il parvient dans la région occupée par les gaz. Toutefois, dans plusieurs occasions, on voit succomber les animaux malgré l'emploi de ce moyen. C'est que, dans les gaz développés, l'acide carbonique et l'hydrogène sulfuré ne dominent pas toujours. Ainsi Plüger, ayant examiné les gaz de deux vaches météorisées, a trouvé que les 4/5es du volume consistaient en *oxyde de carbone*, gaz que les alcalis n'absorbent pas, et dont on ne débarrasse l'animal que par la ponction.

Nous avons déjà fait connaître (p. 152) les *usages mécaniques* des gaz intestinaux. Quant à l'opinion qui attribue à ces gaz une influence chimique sur les phénomènes de la digestion (2), elle ne se fonde sur aucune donnée expérimentale et ne mérite point qu'on la discute.

Productions organisées observées dans le tube digestif.

Nous ne parlerons pas des *monades* que Leuret et Lassaigne (3) ont regardées, chez les crapauds et les grenouilles, comme un produit *essentiel* de la digestion, ni des autres infusoires que Gruby et Delafond (4) disent avoir trouvés surtout dans

(1) *Bulletin de pharmacie*, 1809, t. I, p. 358.
(2) GRAVES, *Dublin Journal of Medic. Sc.*, t. VIII, p. 498.
(3) *Rech. physiol. et chim. sur la digestion*, p. 173 et suiv. Paris, 1825.
(4) Dans *Comptes rendus de l'Acad. des sc. de Paris*, séance du 11 décembre 1843.

le tube digestif des ruminants; infusoires en lesquels, suivant ces auteurs, se transformerait à peu près la cinquième partie de la nourriture végétale. Ce sont là des opinions et des assertions qui n'ont pas entravé la marche de la science, parce que personne ne les a adoptées. Nous ne nions pas l'existence de ces animalcules, mais ce ne sont que des produits accidentels qui assurément ne résultent point de la transformation digestive des aliments. Des cellules épithéliales ont pu être confondues avec des animaux infusoires, et Leuret et Lassaigne ont vraisemblablement pris l'*opalina ranarum* pour des *monades* ou pour quelque espèce du genre *Bursaria*. Mais il nous serait impossible de présumer ce que Gruby et Delafond ont regardé comme des animalcules chez les herbivores.

On rencontre très souvent des *conferves* qui se développent sur le contenu de l'intestin, sans troubler la digestion ; d'autres fois leur formation est un signe que la digestion est altérée par quelque disposition morbide des organes. C'est ainsi que la *torula cerevisiæ*, qui apparaît souvent en petite quantité dans l'estomac et les intestins, ou qui même y est introduite avec les liquides en fermentation, se développe en quantité considérable dans l'estomac, quand la fécule entre en véritable fermentation se terminant par la formation d'acide acétique. On la retrouve encore dans les matières vomies qui continuent à fermenter. Frerichs (1) a observé ce fait sur deux filles chlorotiques.

Outre la *torula cerevisiæ*, on trouve encore, mais plus rarement, dans le canal digestif de l'homme, des filaments confervoïdes avec leurs spores. Très rares à l'intérieur de l'estomac, ils existent plus souvent dans le rectum lors de la décomposition des fèces dans cet intestin.

Plus fréquemment on rencontre le petit cryptogame que Goodsir a appelé *sarcina ventriculi*. On le croyait particulier à l'estomac, et Goodsir, Bell, Hasse et d'autres auteurs ont vu dans sa présence la cause d'une dyspepsie spéciale. Goodsir l'a surtout signalé, concurremment avec les acides lactique et acétique, dans le fluide aqueux qui est rejeté lors des accès de pyrosis. Mais il est certain qu'après la mort on trouve quelquefois la *sarcina* dans le tube digestif de sujets qui, pendant leur vie, n'avaient présenté aucun trouble de la digestion. Frerichs l'a vue se développer dans l'estomac de chiens qui portaient une fistule de cet organe ; mais elle a été rencontrée parfois aussi dans l'intestin. Le même auteur, qui a eu occasion d'étudier le développement de cette algue, en a donné une description exacte : elle est représentée, dans l'état parfait, par des petites masses cubiques, ordinairement composées de quatre, quelquefois de huit ou de seize cellules cubiques réunies qui, au commencement, n'en formaient qu'une seule.

Dans la cavité gastrique du lapin, et quelquefois aussi dans le rectum de l'homme, on rencontre des *frustulaires* à cellules ovales, isolées ou rangées en séries, dont chacune porte dans son intérieur trois vésicules plus lucides. Dans l'estomac des batraciens, il existe beaucoup de conferves qui, ressemblant aux espèces des eaux stagnantes, paraissent avoir été ingérées par la bouche. Chez la salamandre, Schiff a aussi rencontré une algue semblable à la *sarcina* ; seulement chaque cellule portait un filament vibratil très long et très mince, analogue au filament des monadines et de beaucoup d'algues globuleuses.

(1) *Loc. cit.*

DE L'ABSORPTION.

Nous avons vu que tout être organisé a le pouvoir de réagir sur les corps qui l'entourent, de former avec leurs éléments des combinaisons nouvelles et de les convertir en sa propre substance. Aussi longtemps qu'un organisme est en possession de la vie, il s'y opère incessamment une absorption et une expulsion de matériaux dont le renouvellement, indispensable à l'intégrité et à la permanence des organes, représente une des conditions essentielles du mouvement vital. L'absorption, ou pénétration du dehors au dedans de liquides et de fluides élastiques, est bien en effet le premier terme de cet échange continuel qu'entretient l'être vivant avec les choses du dehors.

A l'aide de leurs racines et de leurs feuilles, les plantes peuvent absorber directement, dans le sol ou dans l'atmosphère, sous la forme liquide ou gazeuse, les éléments de leurs tissus ; et l'on rencontre également, au bas de l'échelle zoologique, quelques animaux formés d'une substance plus ou moins homogène, et dépourvus de tube digestif (Spongiaires, Infusoires astomes, plusieurs Helminthes, etc.), qui reçoivent les matériaux de leur nutrition un peu à la manière des plantes, c'est-à-dire que, chez eux aussi, les substances extérieures fluides pénètrent directement les points de la surface avec laquelle elles sont en contact, et de là se répandent de proche en proche dans tout le parenchyme organique. Mais il n'en est point ainsi de la généralité des animaux, dont les aliments, presque toujours pris à l'état solide ou à l'état de suspension, nécessitent une opération préparatoire à leur absorption ; aussi existe-t-il, chez la plupart d'entre eux, une cavité intérieure dans laquelle la matière alimentaire peut séjourner, s'élaborer et surtout *se dissoudre*.

Cette dissolution paraîtra en effet indispensable, si l'on se rappelle, d'un côté, que les membranes animales constituent les filtres les plus fins qui se puissent imaginer, et, de l'autre, que les vaisseaux dits absorbants (veines et lymphatiques) forment un système de canaux clos de toutes parts et n'offrant, en aucun point de leur trajet, les moindres orifices appréciables. Il n'y a évidemment que des fluides élastiques, des liquides, ou des solides ayant trouvé, au sein de l'organisme, les agents nécessaires pour les rendre liquides, qui puissent pénétrer dans le torrent circulatoire, parce qu'eux seuls sont aptes à filtrer à travers les membranes ou les parois des vaisseaux, après avoir imbibé les tissus dont elles sont formées.

Chez tout animal, pourvu d'un tube digestif, le but de la digestion est, par conséquent, de transformer les aliments en matières solubles et propres à s'introduire, par absorption, dans les voies fermées de la circulation. Aussi, qu'on ait en vue un pareil animal ou même une plante, il y aurait erreur à soutenir, avec quelques physiologistes, que des corps solides, insolubles, quand ils sont très finement pulvérisés, peuvent passer, par absorption, à travers les parois vasculaires ou utricu-

laires (*). La vérité est que les racines, en particulier, sont elles-mêmes recouvertes par une couche continue de cellules sans ouvertures, et que l'absorption ne s'y manifeste que si la dissolution, par l'eau, des matières solubles contenues dans le sol, est bien complète : d'autres matières, si finement divisées qu'elles soient, ne passent plus, dès qu'elles sont seulement en suspension dans l'eau : qu'on mélange avec ce liquide, par exemple du charbon porphyrisé, et qu'on l'offre en cet état à l'absorption des racines bien intactes d'une plante, l'eau seule y pénètre et tout le charbon reste au dehors, sans qu'il soit possible d'en découvrir un seul atome au dedans. Avec la plupart des infusions colorées, on obtient le même résultat ; l'eau, à son passage dans l'extrémité radicellaire, se dépouille de la matière colorante, qui se dépose à la surface.

On le voit, l'état fluide ou soluble des substances représente donc la condition indispensable à l'absorption, aussi bien pour les végétaux que pour les animaux. A ce propos je mentionnerai un exemple applicable aux uns et aux autres :

Chacun sait combien la matière amylacée est essentielle à la nutrition des plantes qui, généralement, en renferment à profusion dans presque tous leurs organes, et quel rôle important elle joue aussi dans l'alimentation de l'homme et de beaucoup d'animaux. Or, l'amidon ne se dissout pas dans l'eau, et, d'après ce qui précède, il faut nécessairement, pour que ce principe devienne assimilable au sein de l'organisme animal ou végétal, qu'il éprouve un changement qui le rende soluble. C'est en effet ce qui a lieu. Quand, par exemple, un grain ou fruit de céréales vient à germer, que ce soit du froment, du seigle, de l'orge, etc., tout l'amidon contenu dans ce grain est bientôt transformé, sous l'influence d'une substance particulière (la *diastase*) (1), en matières solubles, la *dextrine* d'abord, puis la *glycose*, toutes deux faciles à absorber, et partant susceptibles de contribuer, par leurs transformations ultérieures, à la nutrition de la nouvelle plante comme au développement de ses organes rudimentaires. De même, quand l'amidon est introduit dans les voies digestives des animaux, bientôt intervient l'action de certains principes contenus dans des fluides spéciaux (salive, suc pancréatique, etc.), qui eux aussi ont la propriété de convertir l'amidon insoluble en glycose soluble, et par conséquent absorbable. Le reste d'amidon qui a pu échapper à cette métamorphose est au contraire expulsé avec les fèces, comme inutile à la nutrition (**).

Est-il besoin d'ajouter que l'état liquide ne suffit point pour permettre l'absorption d'une substance, mais qu'il faut aussi que cette substance soit elle-même susceptible de *mouiller* la membrane qu'elle est appelée à traverser? On sait que l'eau ne traverse pas plus un papier huilé que le mercure ne traverse nos papiers à filtre ordinaires, etc. (2).

(*) Cette opinion, surtout en ce qui concerne les animaux, sera examinée plus tard.

(1) Voir le chapitre DIGESTION, p. 167.

(**) PAYEN a vu qu'en trempant les radicelles d'une hyacinthe dans de l'eau d'empois colorée par l'iode, elles n'absorbent que de l'eau pure, et ne présentent à aucune époque la moindre parcelle amylacée qui ait pénétré par voie d'absorption directe. La même expérience, faite par MIALHE (*) avec une membrane animale, a donné des résultats identiques. Pour faire la contre-expérience, il suffit d'en lever à l'amidon sa forme globulaire, de le réduire en une substance soluble au moyen de la diastase qui le convertit en dextrine et en glycose ; on le voit alors traverser immédiatement et les radicelles de la plante et les membranes animales.

(2) Nous aurons bientôt occasion de signaler les conditions toutes spéciales que nécessite l'absorption des matières grasses liquéfiées dans l'intestin.

(*) *Chim. appl. à la physiol. et à la thérap.*, p. 198. Paris, 1856.

De même que, chez les animaux offrant un système circulatoire, l'absorption proprement dite s'opère plus spécialement au moyen des plus fins réseaux vasculaires des différents tissus, et notamment des villosités de l'intestin, sortes de *racines animales* molles et vasculaires qui ne sont séparées des liquides nutritifs à absorber que par une membrane extrêmement mince ; de même aussi, dans les plantes, l'absorption des liquides provenant du sol se fait par les extrémités radicellaires les plus fines et spécialement par les plus nouvelles, dont l'épiderme est encore à peine formé. Aussi, lorsqu'on dispose les racines d'une plante à quelque distance au-dessus de l'eau, de manière que leurs extrémités seules y plongent, on reconnaît, par l'activité de la végétation, que celle de l'absorption existe également à un haut degré. Dispose-t-on, au contraire, ces mêmes racines de manière qu'elles plongent tout entières dans l'eau, excepté par leurs extrémités qu'on maintient au dehors, alors la végétation, sans cesser tout à fait, se montre très languissante. — Le pouvoir absorbant est aussi d'ailleurs le partage des feuilles : l'action bienfaisante de la rosée ou de l'arrosement exclusif des feuilles avec l'eau, prouve assez que ce pouvoir s'exerce ici dans l'intérêt de la nutrition de la plante. Dans beaucoup de végétaux, qui ont des racines extrêmement grêles et réduites, ou qui vivent sur les rochers ou dans les sables arides, ce sont presque exclusivement les feuilles qui constituent les organes d'absorption, pour les liquides comme pour les gaz.

Mais, chez les animaux dans lesquels existe une circulation régulière, si l'absorption réclame, comme nous venons de le dire, l'entremise des vaisseaux, il importe de rappeler, dès à présent, que la forme vasculaire n'est pourtant point une condition indispensable à l'accomplissement de cet acte, puisque vers les degrés inférieurs de l'animalité on ne trouve, chez certains êtres, qu'une masse de tissu cellulaire sans traces de vaisseaux, laquelle absorbe les fluides ambiants, tant gazeux que liquides. Là, aucune partie n'a encore, il est vrai, des besoins propres et différents de ceux des autres parties ; il y a diffusion dans tout l'animal des substances apportées du dehors et de celles qui doivent être excrétées. C'est seulement à mesure que des organes spéciaux se montrent et que les humeurs prennent des directions déterminées vers tel ou tel d'entre eux, qu'on voit naître des vaisseaux qui alors sont à la fois les réceptacles des produits de l'absorption et les distributeurs de ces produits : c'est ainsi, par exemple, que du moment que l'absorption gazeuse se sépare de l'absorption liquide et alimentaire, des voies spéciales deviennent indispensables pour porter le produit de celle-ci des organes digestifs aux organes respiratoires. Mais toujours est-il que le rôle du système vasculaire, dans les organisations complexes, est essentiellement celui de régulateur du cours des fluides, et que, quant à l'absorption elle-même, on ne saurait la considérer comme l'œuvre particulière de ce système, puisqu'en réalité l'absorption est un phénomène très général qui se produit dans la trame de tous les organes, ou, en d'autres termes, que tous les tissus organiques ont plus ou moins la faculté de se pénétrer des fluides mis en contact avec eux.

Toutefois, dans les organismes élevés, il ne suffit point que des tissus quelconques s'imprègnent des fluides absorbables ; il faut encore, pour que l'absorption se complète et qu'ultérieurement ces fluides puissent être utilisés ou rejetés au dehors, qu'ils soient portés par les courants sanguins ou lymphatiques vers les divers organes. Alors seulement, à la faveur d'une circulation plus lente, ces organes son

appelés à y puiser les éléments de leur nutrition spéciale ou à en séparer ceux dont ils sont chargés de débarrasser l'économie ; tout cela en vertu de leurs affinités différentes pour les éléments des fluides absorbés.

S'il est admis que tous les tissus organiques jouissent à divers degrés du pouvoir absorbant, et si l'on connaît les vaisseaux plus spécialement chargés de compléter l'absorption soit des fluides étrangers, soit des matières propres à l'organisme lui-même ; si l'on est aussi parvenu à déterminer, relativement à l'acte qui nous occupe, l'influence de la nature des tissus, de leur épaisseur, de leur perméabilité, de leur vascularité plus ou moins grande, et aussi du degré de miscibilité de la substance dissoute avec les liquides organiques ; si, dis-je, tout cela est connu des physiologistes, assurément il n'en est pas de même du *mécanisme* de l'absorption ou de la force qui y préside.

Il est une théorie fort en faveur parmi les anciens anatomistes, dans laquelle on gratifie l'origine des lymphatiques et des veines (vaisseaux absorbants) de prétendues *bouches absorbantes* qui, agissant à la manière de sangsues intelligentes, seraient douées de la faculté de *choisir* ce qui doit être introduit dans le domaine circulatoire. Cette théorie (que l'observation directe a complétement infirmée et qui est démentie par les phénomènes de l'empoisonnement), a été étendue aux végétaux eux-mêmes par divers physiologistes qui ont attribué aux racines et à leurs prétendus suçoirs la faculté de faire un choix dans les substances liquides, et de prendre seulement celles qui peuvent servir à la nutrition. C'est encore là une pure fiction que sont venues détruire les expériences de Th. de Saussure (1), G. J. Jaeger (2), J. F. Becker (3), Schreibers (4), Goeppert (5), Marcet jeune (6), etc., expériences intéressantes et nombreuses, desquelles il résulte que des plantes ont absorbé des principes vénéneux très divers, et que cette absorption a exercé sur elles une influence plus ou moins délétère et funeste.

Il faut donc s'adresser à une autre théorie que celle des *bouches absorbantes* douées d'une sensibilité spéciale, quand il s'agit d'expliquer comment les liquides, soumis à l'absorption, peuvent s'introduire à travers les pores de la matière organisée. Quoique, plus loin, cet important sujet doive être examiné avec détail, nous croyons utile de ne pas l'omettre entièrement dans cet exposé général.

Qu'on envisage les racines d'une plante ou bien les membranes animales qui sont le siége ordinaire des diverses absorptions, on constate que les unes et les autres présentent un revêtement *épithélial*, ou couche continue de cellules closes, que toute substance fluide doit d'abord traverser pour parvenir plus profondément. Comment le liquide en contact les pénétrera-t-il, et comment de ces cellules passera-t-il dans d'autres composant le tissu végétal ou animal, et séparées entre elles par de minces membranes imperforées ? Ces membranes sont, il est vrai, perméables aux fluides. Mais, pour que ceux-ci les traversent et aillent au

(1) *Recherches chimiques sur la végétation*. Paris, 1804.

(2) *Dissert. de effectibus arsenici in varios organismos, nec non de indiciis quibusdam veneficii ab arsenico illati*. Tubingæ, 1808.

(3) *De acidi hydrocyanici vi perniciosa in plantas*. Ienæ, 1823.

(4) *Ibid*. Ienæ, 1825.

(5) *De acidi hydrocyanici vi in plantas*. Breslau, 1827.

(6) *Mém. sur l'action des poisons sur le règne végétal*, dans *Mém. de la Soc. de phys. e d'hist. nat. de Genève*, 1824, *Biblioth. univ.*, t. XXXI, p. 224. — et dans *Ann. de phys. et de chim.*, t. XXV, p. 209.

delà, il n'en faut pas moins qu'ils soient sollicités par une force suffisante. Celle que Dutrochet (1) a le premier fait connaître, sous le nom d'*endosmose* (*), a paru aux botanistes rendre parfaitement compte non-seulement de l'absorption par les racines et de celle qui a lieu consécutivement de cellule à cellule, mais encore d'une partie de la circulation des végétaux, qui, avant cette découverte, était restée inexplicable. Malheureusement il ne nous semble point que les physiologistes, qui s'occupent de l'étude de phénomènes analogues chez les animaux, puissent partager à cet égard toute la satisfaction des botanistes.

Soit un tube de verre adapté inférieurement à une petite cloche à tubulure que ferme, en dessous, une membrane animale ou végétale : ce petit appareil a reçu le nom d'*endosmomètre*. Si l'on y introduit de l'eau gommée, par exemple, et qu'on plonge l'instrument dans un vase contenant de l'eau distillée, les deux liquides tendront à se mettre en équilibre de densité, et il s'établira, à travers la membrane, un double courant : l'un de dehors en dedans, c'est-à-dire de l'eau pure vers l'eau gommée, et l'autre de dedans en dehors, de l'eau gommée vers l'eau pure. Mais le premier courant (endosmose) ayant la prédominance sur le second (exosmose), il en résultera une augmentation notable dans le volume du liquide que contient l'endosmomètre ; en même temps, l'eau distillée du vase extérieur aura perdu sa pureté et contiendra de la gomme.

Des effets semblables ont lieu entre l'alcool et l'eau, entre celle-ci et une solution aqueuse d'albumine, de sucre, de sels, etc.

C'est après avoir remarqué que de petites vésicules organiques, complétement closes et plongées dans l'eau, absorbaient de ce liquide et en même temps laissaient échapper de leur contenu, que Dutrochet fut amené à construire l'*endosmomètre*, et à varier, à l'aide de cet instrument, ses ingénieuses expériences sur l'*endosmose*, dont les conditions générales sont que les deux liquides de nature différente, ou au moins l'un d'eux, puissent mouiller la substance intermédiaire, et que, doués d'attraction l'un pour l'autre, ils puissent aussi se mêler.

Ce n'est point encore le moment de nous occuper d'une foule de conditions particulières qui font varier les effets endosmotiques ; d'étudier l'action de la température, le rôle propre aux liquides ou celui qu'on a attribué à la membrane qui les sépare, l'influence de la densité des fluides ; de rechercher si les mouvements d'endosmose dépendent d'un courant électrique développé par le contact des deux liquides différents, ou bien si l'on doit les considérer comme des phénomènes moléculaires de chaleur latente (2), etc. Nous réservons pour plus tard la discussion et les détails sur ces divers points, voulant nous borner ici à examiner sommairement la valeur des applications de la théorie de l'endosmose pour expliquer le mécanisme de l'absorption dans les deux règnes organiques.

En se fondant sur ces données : 1° que l'endosmose est un phénomène purement physique en vertu duquel les liquides miscibles tendent à se mélanger à travers les membranes ; 2° que deux courants opposés et inégaux en intensité se produisent

(1) *L'agent immédiat du mouvement vital, dévoilé dans sa nature et dans son mode d'action chez les végétaux et chez les animaux*. Paris, 1826.

(*) ἔνδον, dedans ; ωσμὸς, impulsion.

(2) D'après cette dernière théorie, les liquides qui ont une chaleur spécifique plus grande marcheraient vers ceux qui en ont une plus petite, et l'action de l'endosmose devrait, en général, s'exercer de l'eau vers les autres liquides, parce que l'eau est celui de tous qui a la chaleur spécifique la plus considérable. (J. BÉCLARD.)

quand deux liquides, offrant une densité différente et séparés par une membrane organique, se trouvent en présence; 3° et qu'aussi le courant prédominant a lieu, en général, du liquide le moins dense vers le liquide le plus dense, on a expliqué, comme il suit, l'absorption dans les plantes:

Les cellules qui forment le tissu des racines sont remplies de sucs plus denses que l'eau dont la terre est imbibée, et cette eau doit, par l'effet de l'endosmose, s'infiltrer à travers leurs membranes, gonfler les cavités des cellules les plus extérieures, en diminuant la densité du liquide qui s'y trouvait, et passer de là dans les cellules plus profondes. On sait que l'élongation de la racine et de toutes ses divisions se fait exclusivement par leur bout, qui, par conséquent, se trouve à l'état naissant pendant tout le temps que se maintient l'activité de la végétation. Ce ne serait donc pas par suite d'une modification particulière du tissu gonflé et agissant à la manière d'une éponge, comme on l'avait supposé, que les dernières extrémités radicellaires pomperaient l'humidité qui les environne; ce serait, au contraire, parce que leurs cellules naissantes, et comme telles déjà gonflées de sucs épais, se trouveraient dans les conditions les plus favorables pour l'endosmose (Ad. de Jussieu). En effet, leur épiderme n'est pas encore formé, tandis qu'il l'est plus haut et oppose à l'absorption une couche plus sèche et moins perméable.

De même, chez les animaux, les membranes absorbantes (et spécialement celles qui sont chargées de faire pénétrer dans l'organisme les divers fluides indispensables à son entretien) sont recouvertes d'une couche cellulaire ou épithéliale, qu'on ne saurait négliger dans l'étude du phénomène de l'absorption. Variable dans son épaisseur et dans l'arrangement des cellules qui le constituent, ce revêtement épithélial existe, en effet, entre les fluides à absorber et les parties vasculaires et vivantes des tissus. Il faut donc que, s'imbibant d'abord de ces fluides qui sans doute passent à la fois au travers des cellules et des espaces intercellulaires, l'épithélium dont il s'agit, à la manière d'un filtre, livre passage à ce qui peut pénétrer dans le domaine circulatoire ou rendez-vous commun de toutes les substances absorbées, et arrête les particules ténues seulement en suspension. Mais un grand nombre de cellules épithéliales contenant déjà des liquides, on suppose qu'elles doivent fonctionner comme les cellules qui forment le tissu des racines, c'est-à-dire être aussi le siége d'une endosmose en vertu de laquelle les fluides, mis en contact avec elles, les pénètrent, les gonflent, et en sortent pour traverser, en vertu de la même force, la trame des vaisseaux, et pour venir enfin se mêler avec le sang ou la lymphe. Ayant reconnu que les phénomènes d'endosmose se modifient suivant la nature des membranes et surtout selon la nature des liquides, on s'est ainsi expliqué que les divers tissus organisés aient à l'égard de différents liquides un pouvoir absorbant si variable. Les dissolutions albumineuses, notamment, ont été citées comme attirant avec une si grande énergie l'eau pure ou même l'eau chargée de principes salins et organiques, que le courant d'exosmose devient à peu près nul; et l'on a été jusqu'à admettre, comme un fait démontré, que le *sérum* du sang (qui est un liquide albumineux) serait plus dense que toutes les substances liquides absorbées, d'où une endosmose des fluides nutritifs ou autres vers ce liquide organique.

Telle serait, aux yeux de beaucoup de physiologistes, la cause immédiate des absorptions qui s'opèrent chez les animaux.

Sans vouloir nier qu'un grand nombre de substances pénètrent le corps à la fa

veur de l'*imbibition* et de l'*endosmose*, assurément il est bien permis de faire ici quelques réserves fondées sur l'observation exacte des faits.

Et d'abord, l'expérimentation établit que, chez l'animal vivant, en injectant dans plusieurs anses intestinales des solutions de sucre de densités variables, les dissolutions très concentrées, et évidemment plus denses que le sérum, disparaissent tout aussi vite que les plus étendues.

Elle démontre aussi que des solutions de nitrate de potasse, de sulfate de soude, etc., qui, offrant plus de densité que le *sérum* du sang, l'attirent dans le tube de l'endosmomètre, font précisément le contraire quand on les injecte dans le tissu cellulaire sous-cutané d'un animal vivant ; c'est-à-dire qu'après peu d'instants on ne retrouve plus aucun vestige de ces solutions qui, vite absorbées, ont été entraînées dans le torrent circulatoire, etc. Assurément, ce sont là des faits en contradiction avec les phénomènes ordinaires d'endosmose qu'on produit à l'aide des tissus privés de la vie ; et il est digne de remarque que, au contraire, dans les tissus encore vivants, on voit tous les fluides miscibles à l'eau et au sang pouvoir être saisis par absorption, quel que soit d'ailleurs le rapport de densité qui existe entre eux et la partie séreuse du sang.

Il est toute une classe d'aliments, les corps gras, à l'absorption desquels on ne saurait évidemment appliquer la théorie de l'endosmose. On sait avec quelle énergie les phénomènes endosmotiques s'accomplissent dans les plantes, quand on vient à plonger leurs extrémités radicellaires dans différents liquides ; et pourtant, dans aucune expérience avec des émulsions variées, je n'ai pu constater qu'elles en eussent absorbé la plus minime quantité ; je n'ai pas non plus observé le moindre signe d'endosmose entre ces émulsions et le sérum du sang, que j'eusse fait usage d'endosmomètres fermés avec des membranes organisées, fraîches et intactes, ou bien avec de la baudruche.

Quelles preuves directes pourrait-on encore alléguer en faveur de l'endosmose, quand il s'agit d'expliquer, par exemple, le mécanisme de la résorption du fluide sécrété dans les cavités séreuses, ou celui de la disparition parfois si prompte d'hydropisies rebelles pendant des années ? Et cette absorption interstitielle ou décomposante des solides du corps, à l'aide de laquelle les matériaux qui ont rempli leur rôle physiologique rentrent d'abord dans le sang pour être éliminés par la voie des sécrétions, où sont aussi les preuves qu'elle s'opère suivant les lois de l'endosmose ?

D'ailleurs, que de différences l'état de vie et la circulation ne doivent-ils pas établir entre les effets endosmotiques obtenus sur le vivant et ceux qu'on observe sur le cadavre ! Évidemment il répugne au physiologiste de comparer une expérience dans laquelle deux liquides immobiles sont isolés par une membrane inerte, avec le cas où d'abord l'un des deux est mû d'une impulsion rapide, où aussi la membrane intermédiaire est parcourue en tous sens par mille courants qui ne laissent jamais son tissu se gonfler, et qui entraînent le fluide à absorber au fur et à mesure de son introduction. La nature et l'état des fluides, l'état physique des membranes, la disposition de leurs pores, et partant, le degré de perméabilité, rien ne se ressemble dans les deux cas. Ajoutons surtout qu'il ne saurait être permis au physiologiste de se borner à considérer, à l'instar du physicien, les phénomènes physiologiques de l'absorption sous le seul rapport de l'imbibition et de l'endosmose : il lui faut aussi connaître les changements de propriétés et d'état moléculaire que subissent certaines substances pendant l'absorption, et étudier les

modifications que les agents environnants, l'influence nerveuse, l'état de repos ou de mouvement, l'énergie variable de la circulation, les affinités différentes des substances pour les tissus, l'état de maladie, etc., peuvent imprimer à cet acte si important.

Concluons en disant que, si la découverte de l'endosmose a ouvert un nouveau champ pour les applications des lois physico-chimiques à la physiologie, la théorie qui en découle ne saurait être présentée comme explication universelle des phénomènes de l'absorption chez les animaux, et que d'ailleurs elle est loin de rendre compte des différences frappantes qu'offrent ces phénomènes quand on les observe au sein de l'organisme ou bien en dehors de lui. C'est qu'ici encore, au-dessus des forces mécaniques, physiques et chimiques, se retrouve cette force inconnue qu'on a appelée *vitale* et qui domine toutes les autres.

Ces notions générales étant exposées, il demeure donc établi que, pour l'être vivant, l'absorption consiste *essentiellement* à emprunter au milieu qui l'environne une certaine quantité de matière *sous forme gazeuse ou liquide.*

Or, c'est par les surfaces tégumentaires, interne ou externe, que s'établissent les rapports de l'animal avec les corps ambiants : ainsi la peau se trouve habituellement ou accidentellement en contact avec des liquides ou des gaz auxquels, dans certaines conditions, elle livre passage ; la muqueuse digestive est également apte à faire passer dans l'organisme des substances qui ont subi ou non le travail préalable de la digestion ; par la muqueuse des voies aériennes, s'établit continuellement, pendant l'acte respiratoire, un échange entre l'air atmosphérique et les gaz renfermés dans le sang ; la muqueuse des organes génito-urinaires, celle qui tapisse le globe de l'œil, etc., jouissent aussi à haut degré de la faculté absorbante. Les réservoirs placés sur le trajet de certains appareils sécréteurs, sont surtout destinés à contenir, pendant un temps plus ou moins long, les liquides qui proviennent de l'élaboration du sang dans les organes glandulaires ; mais ces liquides peuvent subir dans leurs réservoirs certains changements de composition, et quelques-uns de leurs éléments peuvent y être repris par les agents de l'absorption. Quant aux fluides sécrétés dans les cavités séreuses, et dont l'usage principal paraît être de favoriser le glissement des deux feuillets de la membrane séreuse l'un sur l'autre, évidemment ils s'y accumuleraient bientôt en trop grande quantité, s'ils n'étaient sans cesse absorbés, puis déversés dans les voies circulatoires.

C'est aux dépens des substances qui entrent dans la constitution même des tissus que s'effectuent les pertes journalières de l'organisme : les matériaux élaborés par la *digestion* et la *respiration* servent à réparer ces pertes, en même temps que, dans le jeune âge, ils contribuent directement à l'accroissement des diverses parties du corps. Il y a donc, chez l'animal, un mouvement de décomposition et un autre mouvement de recomposition. Le premier de ces deux actes exige manifestement l'intervention d'organes propres à reporter dans le torrent de la circulation les matériaux destinés à être éliminés : c'est ce travail, dont le but médiat est le renouvellement des parties vivantes, qu'on désigne sous le nom d'*absorption interstitielle*, et qui sera plus spécialement étudié dans le chapitre consacré à la *Nutrition* (*).

(*) On a assez coutume d'employer le mot *résorption* pour désigner plus spécialement l'absorption qui, en dehors de l'état physiologique, s'accomplit aux dépens de liquides ou de fluides élas-

Après avoir fait connaître les phénomènes qui se rapportent à chacune des diverses espèces d'absorption, il nous faudra rechercher les agents qui les effectuent et aussi essayer de formuler les lois qui président à leur accomplissement; puis, comme complément indispensable de l'étude de l'absorption, viendra l'histoire des liquides qui circulent dans un système particulier de canaux ou système des vaisseaux lymphatiques.

ABSORPTION PAR LA PEAU.

Aujourd'hui, la plupart des physiologistes professent que la *peau*, malgré la couche épidermique dont elle est revêtue, peut absorber des substances liquides et gazeuses. La doctrine de l'absorption cutanée, qui a compté d'assez nombreux opposants, quoiqu'elle fût la base de la méthode dite *iatraleptique* (1), offre, il faut bien le reconnaître, une étude aussi intéressante pour le physiologiste qu'elle est féconde en utiles applications pour le médecin.

Avant d'exposer les expériences directes qui ont été citées à l'appui de cette doctrine, il sera utile de réduire à leur juste valeur quelques faits qu'on a cru pouvoir aussi alléguer en sa faveur. Peut-on voir, par exemple, une preuve de l'absorption cutanée chez ces individus qui rendent une quantité excessive d'urine, bien qu'ils boivent à peine? Haller (2) nous apprend, d'après d'autres observateurs, qu'un homme, atteint d'une affection de poitrine, rendait 35 litres d'urine en trois ou quatre jours; qu'une fille en évacuait chaque jour près de 8 litres, même en s'abstenant de toute nourriture et de toute boisson; que, chez un autre individu, 20 litres en ont été excrétés, quotidiennement, pendant quatre-vingt-dix-sept jours consécutifs, etc. C'est en s'appuyant sur l'impossibilité de l'introduction d'une aussi grande quantité d'eau par les seules voies aériennes, que Haller croit devoir conclure aussi à l'absorption par la peau. En admettant de pareils faits comme exacts, il est d'ailleurs probable qu'ils se rattachent à certains états morbides, aujourd'hui mieux étudiés et mieux connus.

On rapporte encore que des individus, renfermés dans un lieu humide et privés de toute espèce de nourriture, ont pu prolonger leur existence au delà du terme ordinaire, en absorbant, par la peau, l'élément aqueux renfermé dans l'air. Mais ne sait-on pas que la durée de la vie, dans les cas d'*inanitiation*, varie suivant des circonstances diverses que Chossat (3) a surtout bien fait ressortir? Au rapport de Keill (4), un jeune homme fatigué par un grand exercice et ayant passé la nuit à l'air humide, pesait le lendemain matin $550^{gr},70$ de plus qu'avant cette épreuve; immédiatement après l'action d'un purgatif, Fontana (5), ayant fait une promenade de quelques heures à l'air, par un temps brumeux, se trouva au retour

tiques anormalement épanchés dans les cavités naturelles, ou bien dans des cavités accidentelles, comme des kystes, des foyers purulents, etc.

(1) De ἰατρική, médecine, et ἀλείφειν, frotter, oindre. C'est la méthode thérapeutique qui consiste à traiter les maladies par tout moyen propre à déterminer l'introduction des médicaments par la peau.

(2) *Elementa physiologiæ*, t. V, p. 89 et 90.
(3) *Recherches expérimentales sur l'inanition*. Paris, 1843.
(4) *Dissert. de corp. anim. vi adtrah*, etc.
(5) Cité dans *Anatomie des vaisseaux absorbants du corps humain*, par CRUIKSHANK. Trad. Franç. de Petit-Radel, p. 218. Paris, 1787.

plus pesant de quelques onces : évidemment rien ne prouve que, dans ces deux cas, l'augmentation de poids ait été due plutôt à une absorption par la surface cutanée que par la muqueuse des voies aériennes. Qui pourrait trouver aussi un argument plausible en faveur de l'absorption par la peau dans ce fait tant de fois cité, et relatif aux bouchers et aux charcutiers dont la fraîcheur et l'embonpoint sont, dit-on, l'indice de l'absorption des émanations animales au milieu desquelles ils vivent? Il faut laisser également de côté ces cas dans lesquels certaines substances ont été absorbées à la suite de frictions énergiques pratiquées sur la peau : il est permis de supposer qu'alors la matière employée a pu être introduite mécaniquement dans l'épaisseur de cette membrane. A plus forte raison, quand il s'agit de constater l'absorption normale par la peau, doit-on rejeter ces expériences dans lesquelles un poison ou un virus a été déposé sous l'épiderme, et les cas où une substance médicamenteuse a été appliquée sur le derme dénudé, etc. Car évidemment on ne saurait contester que, comme tout autre tissu organique, la peau, *dans son épaisseur*, ne jouisse aussi du pouvoir absorbant ; tandis qu'assez souvent on s'est cru en droit de mettre en doute que ce pouvoir s'exerçât en présence de l'épiderme : cette production cellulaire, d'ailleurs variable dans son épaisseur et l'arrangement de ses cellules, a été en effet comparée à une barrière impénétrable placée entre l'animal et le milieu ambiant.

Cependant nul doute que, chez certains animaux, l'absorption cutanée ne s'accomplisse avec une grande activité.

La plupart des invertébrés nus et aquatiques se rident si on les expose à l'air sec, et se gonflent rapidement quand on les remet dans l'eau. Les entozoaires, qui vivent plongés dans des humeurs animales, les absorbent aussi par la peau, au dire de Zeder et Rudolphi (1). Qui ne sait que des infusoires rotateurs, totalement desséchés, reviennent à la vie, lorsqu'on les plonge simplement dans l'eau? Spallanzani (2) a constaté qu'un limaçon pesant 17gr,90 peut augmenter de 13gr,356, après avoir été immergé dans ce liquide, et qu'exposé de nouveau à l'air sec, il reperd très vite de son poids. De son côté, Nasse (3) a reconnu que des limaces, renfermées dans du papier humide, gagnent en poids jusqu'à 2gr,12 dans l'espace d'une demi-heure. Dans ses expériences sur la faculté absorbante du limaçon des vignes, Jacobson (4) a vu une dissolution de prussiate de potasse être rapidement absorbée par la peau et passer dans le sang, en quantité telle que celui-ci acquérait une couleur bleue très foncée par l'addition d'un sel de fer. Les grenouilles s'amincissent lorsqu'elles sont soumises au contact d'un air sec, et réacquièrent promptement leur volume dans l'eau, d'après les observations de Treviranus (5). W. F. Edwards (6) a repris ces diverses expériences sur plusieurs animaux, notamment aussi sur des grenouilles : il expose d'abord celles-ci à l'air jusqu'à ce que la transpiration leur ait fait subir une perte notable de poids, puis il les replace dans l'eau ; alors l'absorption s'effectue avec une telle énergie, que l'on peut suivre des yeux la diminution de niveau du liquide dans lequel les grenouilles sont plongées.

(1) *Entozoorum historia naturalis*, t. I, p. 252, 275. Amstelodami, 1808-10.
(2) *Mém. sur la respiration*. Paris, 1803, p. 137.
(3) *Untersuchungen zur Physiologie und Pathologie*, t. I, p. 482.
(4) OERSTED. *Oversicht over det kon. Danske videnskab selsk Forhandlung*, 1825 ; ou dans FRORIEP'S *Notizen*, etc., n° 14, p. 200.
(5) *Biologie*, t. IV, p. 289.
(6) *Influence des agents physiques sur la vie*. Paris, 1824, p. 98. — Voir aussi le tableau XI, p. 596.

Cette absorption peut même dépasser la perte de poids qui a eu lieu dans l'air : ainsi, dans l'une des expériences, une grenouille du poids de 33gr, 9, perdit à l'air, en vingt et une heures trente-cinq minutes, 5gr,2 ; le même animal gagna dans l'eau, en quatre heures, 10gr,4. Dans une seconde expérience, une grenouille du poids de 32gr,6, perdit à l'air 4 grammes en vingt et une heures trente-cinq minutes; elle gagna dans l'eau, en quatre heures, 10gr,7. Bluff (1) rapporte qu'une grenouille de 68gr,58, mise sous du papier gris sec, devint plus légère de 5gr,53 en trente-six heures, et qu'elle reprit 5 ,47 en trois heures sous du papier gris mouillé. Du reste, l'eau, à l'état liquide ou à l'état de vapeur, est si nécessaire à certains animaux, comme les lombrics, les araignées nocturnes, les scorpions, les acariens, les batraciens, les lézards, les couleuvres, etc., qu'ils périssent rapidement dans un air privé d'humidité (2).

On sait, depuis les précieuses expériences de R. Townson (3), que les Batraciens, en particulier, absorbent surtout par la peau de leur ventre et s'approprient ainsi de quoi remplir leur vessie urinaire et leurs poches sous-cutanées : aussi, maintes fois m'est-il arrivé de tétaniser et d'empoisonner ces animaux, en quelques minutes, en appliquant une solution de chlorhydrate de strychnine sur cette région de leur corps. Des lézards, des orvets (*Anguis fragilis*) et des couleuvres (*Coluber natrix*), m'ont offert les mêmes accidents tétaniques, mais seulement après un nombre variable d'heures, malgré l'épiderme épais et écailleux dont leur ventre est revêtu.

Quant aux Poissons, chez qui aussi on a constaté l'absorption par la surface extérieure, on pourrait l'attribuer surtout aux nageoires, dont les membranes sont d'une grande finesse.

L'eau glisse sur les plumes des Oiseaux, et surtout des oiseaux aquatiques, parce qu'elles sont recouvertes d'un enduit que l'eau ne mouille pas; mais, en écartant ces plumes sous le ventre ou sous les ailes, si l'on pratique des lotions renouvelées avec la précédente solution, on peut déterminer des convulsions au bout de deux, trois et quatre heures. L'absorption cutanée s'exerce aussi, chez les Mammifères, malgré leurs poils : Lebküchner (4) lotionne la peau du ventre, chez des lapins, avec des solutions d'acétate de plomb, de prussiate de potasse, de chlorure de baryum, etc., et constate la présence de ces divers sels dans le sang; en plongeant dans l'hydrogène sulfuré le tissu cellulaire sous-cutané des lapins morts empoisonnés par l'acétate de plomb, il voit ce tissu devenir noir, et accuser ainsi la présence du plomb par la formation du sulfure de plomb. Quant à certains mammifères, comme la baleine, qui vit toujours dans l'eau, comme les phoques et les hippopotames, qui y demeurent le plus souvent plongés, on ne sait si leur peau est perméable ou non à ce liquide.

Quoique, chez l'homme, la peau intacte soit loin de posséder une aussi grande perméabilité que chez plusieurs des animaux précédents, l'absorption par cette membrane peut néanmoins s'effectuer aux dépens de l'*eau* ou de *substances dis-*

(1) *Dissert. de absorptione cutis*, p. 22.

(2) Dugès, *Physiol. comp.*, t. II, p. 423.

(3) *Observ. physiol. de Amphibiis*, Gœttingue, 1795, in-4. — *Pars secunda de absorptione Amphibiorum.*

(4) *Dissert. quâ experimentis eruitur, utrum per viventium adhuc animalium membranas atque vasorum parietes materiæ ponderabiles illis applicatæ permeare queant, nec ne?* Tubingue, 1819.

soutes dans ce liquide ou bien encore de *gaz* de diverses espèces, sans que l'épiderme soit intéressé.

C'est un fait assez généralement admis, que notre corps augmente ordinairement de poids s'il est plongé pendant un certain temps dans l'*eau*. Toutefois, Séguin (1) et divers autres physiologistes qui, à tort, croyaient que dans le bain la transsudation est toujours très amoindrie et que même elle est nulle entre 12°,5 et 22°,5 centigrades, avaient nié, avec le pouvoir absorbant de la peau, toute augmentation de poids, et soutenu qu'alors si l'on urine davantage, c'est que de l'eau en vapeur s'est introduite par les voies aériennes. Mais, depuis Séguin et ses partisans, d'autres expérimentateurs sont venus démontrer directement qu'en effet, dans certaines conditions, notre corps plongé dans l'eau peut augmenter de poids : c'est ainsi que Berthold (2), après un quart d'heure d'immersion dans un bain à 26 degrés centigr., trouve 11^{gr},47 de plus; après trois quarts d'heure, 27^{gr},83; après une heure, 32^{gr},18. En tenant compte de la perte due à la perspiration pulmonaire, perte qu'il évalue à 0^{gr},37 par minute, il arrive, pour l'augmentation réelle du poids de son corps, aux résultats suivants: 17^{gr},685 après un quart d'heure; 47 ,745 après trois quarts d'heure, et 59^{gr},374 après une heure. Déjà Dill (3) avait obtenu des résultats analogues, en expérimentant sur un jeune homme. Objectera-t-on que, dans ces expériences, l'absorption pulmonaire, qui s'exerce aux dépens des vapeurs aqueuses suspendues dans l'atmosphère, est la cause de l'augmentation du poids du corps? Pour se mettre à l'abri d'une pareille objection, Madden (4), pendant qu'il était plongé dans un bain tiède, respira l'air du dehors au moyen d'un tube; l'augmentation de poids fut encore sensible dans ces conditions.

Du reste, le problème dont il s'agit se complique de la question de température du bain, dont les divers expérimentateurs ne semblent pas avoir toujours tenu un compte suffisant. Cette température est-elle supérieure à 38 ou 39 degrés centigrades, qui est celle du corps humain, il survient une sécrétion prédominante de sueur, et le corps perd en poids; au contraire il gagne, si le bain n'est qu'à peine tiède, car alors l'absorption par la peau l'emporte sur l'exhalation; enfin le corps n'augmente ni ne perd en poids, quand sa température et celle du bain sont sensiblement les mêmes, ce qui ne veut pourtant point dire qu'il n'y ait pas eu d'eau absorbée : on est au contraire autorisé à affirmer qu'il y a eu une quantité d'eau absorbée correspondante à celle qui, pendant la durée du bain, est sortie normalement de l'organisme.

Collard de Martigny (5) s'est aussi appliqué à démontrer l'absorption cutanée à l'aide des expériences suivantes. Après avoir pesé un mouchoir et un vase rempli d'eau, il plonge les mains dans ce vase pendant *une demi-heure;* puis il les essuie promptement avec le mouchoir qu'il pèse de nouveau, afin de connaître la quantité d'eau restée adhérente aux mains. Le vase rempli d'eau est également pesé de nouveau, et, en tenant compte du poids du liquide que le mouchoir a enlevé, l'expérimentateur trouve une perte de 4^{gr},144. L'évaporation a pu sans doute

(1) *Annales de chimie*, t. XC, p. 190 et suiv.
(2) MÜLLER'S *Archiv*, 1838, p. 178.
(3) *Nouv. Biblioth. médic.*, 1826, t. IV, p. 404.
(4) *Medico-Chirurgical Review*, t. XXXIV, p. 187.
(5) *Expériences sur l'absorption cutanée de l'eau, du lait et du bouillon*, dans *Arch. génér. de médecine*, numéro de mars 1826, t. X, p. 304; t. XI, p. 7. — *Autres recherches sur le même sujet*, dans *Nouvelle Biblioth. méd.*, t. III, p. 5, juillet 1827.

faire disparaître une petite quantité de liquide, et cette circonstance complique quelque peu les résultats obtenus. Il n'en est pas de même dans cette expérience : Un entonnoir de verre, à sommet fermé, est d'abord rempli d'eau, puis la paume de la main est appliquée à la base de l'instrument, de manière que le liquide soit immédiatement en contact avec la peau. Ce contact dure une heure et demie. La peau s'est gonflée, au bout de ce temps, comme elle aurait pu l'être par l'action d'une ventouse ; d'où l'auteur conclut qu'il s'est fait un vide à la surface de l'eau, entre elle et la main, et qu'une couche de liquide a été absorbée.

Le même observateur fait choix d'un tube de verre en forme de siphon et dont la branche la plus courte se termine par un évasement en entonnoir. Du mercure étant versé dans l'arc d'union des deux branches, et de l'eau dans le côté court ou infundibuliforme du tube, la paume de la main a été bien hermétiquement appliquée sur la base du cône, et, dans l'espace de sept quarts d'heure, le mercure s'est élevé d'une manière très sensible dans la courte branche de l'instrument.

Dans un travail récent, Homolle (1) est venu donner un autre genre de démonstration de l'absorption de l'eau par la surface cutanée. En prenant un bain à la température de 34 à 35 degrés centigrades, le matin à jeun, et en s'abstenant complétement de boisson, pendant toute la durée de l'expérience, cet observateur a trouvé une diminution dans la *densité* de son urine, qui de 1025 était tombée à 1005. Des expériences antérieures lui avaient appris, dit-il, qu'une pareille diminution, dans la pesanteur spécifique du liquide urinaire, équivaut à l'absorption de 400 grammes d'*eau*. On a objecté que cette diminution de densité était la conséquence de l'augmentation de l'urine, augmentation qui ne serait pas une preuve de l'absorption de l'eau du bain, mais, d'après la loi de l'antagonisme des sécrétions, un résultat de la suspension plus ou moins complète de la transpiration cutanée. Évidemment une pareille objection n'est pas fondée, puisque les expériences de W. Edwards (2) ont très nettement établi la persistance de cette transpiration dans le bain lui-même.

Les *substances solubles dans l'eau* peuvent aussi être absorbées par la peau en quantité appréciable, et parfois retrouvées dans les urines ou dans le sang ; ce qui justifie l'usage des bains médicamenteux.

Bonfils (3), de Nancy, verse sur l'abdomen d'un homme atteint de syphilis un certain nombre de gouttes d'une solution saturée de sublimé corrosif, et les recouvre d'un verre de montre qu'il fixe à l'aide d'une bande : au bout d'un temps assez court, l'eau a complétement disparu, et il ne reste aucune trace du sel mercuriel sur la peau examinée à la loupe.

Déjà, antérieurement à Bonfils, Séguin (4) avait appliqué de la même manière, *et séparément*, sur l'abdomen d'un homme, 3^{gr},82 de chacune des substances suivantes : mercure doux, gomme gutte, scammonée, sel d'alembroth et émétique. Après dix heures et un quart, il restait 3^{gr},78 de mercure doux, 3^{gr},77 de gomme-gutte, 3^{gr},82 de scammonée, 3^{gr},29 de sel d'alembroth et 3^{gr},56 d'émétique.

(1) *De l'absorption par le tégument externe, chez l'homme, dans le bain*, dans le journal *l'Union médicale*, 1853, p. 462, et suiv.
(2) *Ouv. cit.*, p. 345 et suiv.
(3) Cité par Collard de Martigny, dans *Nouv. Biblioth. méd.*, t. III, p. 6 et 8, année 1827.
(4) *Annales de chimie*, etc., t. XCII, p. 46.

L'eau provenant de la transsudation cutanée a rempli ici le rôle de dissolvant par rapport à la plupart de ces substances qui ont été absorbées par la peau surtout proportionnellement à leur solubilité. Pour Séguin, qui ne veut d'absorption cutanée qu'à la condition d'une action irritante ou chimique sur l'épiderme, la quantité absorbée de chacun de ces médicaments serait en rapport avec leurs propriétés plus ou moins irritantes.

Les expériences de ce genre ont été variées surtout par Westrumb (1).

L'avant-bras est plongé dans un bain à 25 ou 27 degrés R., contenant du cyanure de potassium, du nitrate de potasse et du musc. Après trois quarts d'heure, l'odeur de musc est déjà très prononcée dans l'haleine et l'urine; ce dernier liquide renferme du cyanure de potassium, mais l'existence du nitre n'y peut être constatée. Cette même expérience est répétée, avec la précaution de respirer l'air extérieur. L'odeur de musc est encore très manifeste dans l'haleine; la présence du nitre dans l'urine n'est pas mieux révélée que dans le cas précédent, mais celle du cyanure n'est pas douteuse. — Un tube étant adapté à la bouche et au nez pour respirer l'air du dehors, les bras sont plongés dans une forte décoction de rhubarbe, pendant une heure et quart; en même temps, on frotte les jambes avec du baume opodeldoch. Au bout de quinze minutes, l'haleine est déjà imprégnée de l'odeur du camphre, et la présence de la rhubarbe est reconnue dans l'urine; celle du camphre n'y peut être démontrée. — Après avoir appliqué à la jambe d'un homme bien portant un vésicatoire de la dimension d'une pièce de cinq francs, on fait écouler la sérosité accumulée sous l'épiderme et l'on place une ventouse sur la surface dénudée. Les pieds sont alors plongés dans un bain contenant du cyanure de potassium, et l'on ne tarde pas à retrouver cette substance dans le liquide du vésicatoire ainsi que dans l'urine. — Les jambes d'un homme robuste sont immergées, pendant une heure quarante-cinq minutes, dans un bain à 27°,75, contenant une forte solution de cyanure de potassium. La présence du cyanure dans l'urine est évidente, elle est douteuse dans le sang. — Dans une autre expérience, l'existence du cyanure de potassium et du nitrate de potasse est reconnue dans le sang d'une personne qui était restée pendant deux heures dans un bain de pieds (à 27 degrés), renfermant ces deux sels. — Les bras sont plongés, jusqu'au coude, dans un bain contenant une décoction de rhubarbe; cette dernière substance, avec sa matière colorante, s'est bientôt retrouvée dans l'urine. Des ventouses sont appliquées sur les ampoules ouvertes de vésicatoires, et les pieds sont tenus dans un bain où se trouve une décoction saturée de rhubarbe; le liquide accumulé dans les ventouses ne tarde pas à présenter la matière colorante de la rhubarbe.

Enfin, ayant rasé les poils du train postérieur d'un chien, Westrumb fait prendre à l'animal un bain (25° centigr.) renfermant une solution de cyanure de potassium. Il retrouve cette substance dans le sang de la veine cave inférieure et ne la rencontre ni dans les glandes inguinales, ni dans le contenu du canal thoracique.

D'autres expérimentateurs n'ont fait que confirmer les résultats précédents. Ainsi Bradner Stuart (2) se baigne, pendant deux heures et demie, dans une infusion saturée de garance, et il ne tarde pas à découvrir cette dernière dans l'urine,

(1) *Physiologische Untersuchungen ueber die Einsaugungskraft der Venen*. Hannover, 1825. — Voir aussi MECKEL'S *Archiv*, t. VII, p. 528.

(2) MECKEL'S *Deutsches Archiv für Physiol.*, t. I, p. 161.

qui se colore en rouge vif par l'addition du carbonate de potasse Le même physiologiste prend un bain avec une infusion de rhubarbe ou de curcuma, et bientôt ces deux substances se retrouvent dans le liquide excrété de la vessie. Un emplâtre d'ail est appliqué, pendant une heure et demie, sous les aisselles, à la face interne des cuisses et aux chevilles, avec la précaution de respirer l'air extérieur ; et, au bout de quelques heures, l'haleine et l'urine exhalent une odeur d'ail.

La *perméabilité de la peau* à diverses substances a été étudiée directement par Lebküchner (1). Il a enlevé des lambeaux de cette membrane sur différentes régions du corps de l'homme ou des animaux, et il a vu les liquides comme les matières odorantes pénétrer à travers cette membrane. De l'huile de térébenthine et du camphre sont appliqués sur la peau d'un lapin mort depuis douze heures : dix heures après cette application, ces substances communiquaient leur odeur à un papier placé à la face interne de la peau. Du prussiate de potasse dissous a pénétré le même tissu en cinq heures; une dissolution de sulfate de cuivre ammoniacal l'a traversé en deux jours. Dans une autre expérience, une solution de prussiate de potasse a pénétré à travers un lambeau de peau de la jambe d'un cadavre humain, en huit ou neuf heures, etc.

Il est difficile de faire concorder tous ces résultats avec ceux qu'a obtenus, plus récemment, le docteur Homolle (2), qui a étudié les effets de l'absorption par la peau, en se plaçant dans un bain d'eau pure ou chargée de diverses substances. Voici quelques-uns des résultats auxquels l'a conduit l'examen de ses urines :

Un bain prolongé d'eau contenant 100 grammes de cyanure de potassium et de fer, est pris avec la précaution de couvrir la baignoire pour s'opposer à l'absorption pulmonaire ; aucune boisson n'est ingérée. Pas de traces de cyanure de potassium et de fer dans l'urine.

Pendant une heure et demie l'expérimentateur se tient dans un bain additionné de 100 grammes d'iodure de potassium. Il n'y a pas non plus vestiges de ce sel dans l'urine examinée après le bain. Et pourtant, afin de prouver l'élimination de l'iodure de potassium par l'urine, lorsque cette substance a été véritablement absorbée, Homolle en prend, par la bouche, 1 gramme dont il ne tarde pas en effet à reconnaître des traces évidentes dans le liquide urinaire.

Suivant le même auteur, après un bain qui renferme une solution de chlorhydrate d'ammoniaque, l'urine rendue au bout d'une heure vingt minutes ne présente pas de chlorhydrate d'ammoniaque, mais bien du chlorure de sodium. — Prend-on un autre bain, avec addition de 1 kilogramme de chlorure de sodium, on ne constate pas que la quantité des chlorures augmente dans l'urine. — Ni l'azotate de potasse, ni le sulfate de potasse ne se retrouvent non plus dans l'urine. — Enfin, un bain additionné d'une infusion de 500 grammes de feuilles de belladone ne produit aucun trouble physiologique appréciable; il en est de même du bain auquel on ajoute une solution concentrée de digitaline.

Homolle a aussi étudié, d'une manière comparative, le pouvoir endosmotique de la peau et celui de la muqueuse intestinale :

Une portion de la peau du bras, détachée sur le cadavre d'une jeune femme,

(1) *Dissert. lat. cit.* Tubingue, 1819.
(2) *Loc. cit.*

sert à recouvrir une éprouvette remplie d'urine. Cet instrument est renversé, pendant plusieurs heures, dans une solution faible d'iodure de potassium, sans qu'on puisse retrouver dans son contenu la moindre trace d'iodure de potassium. — Un tube est rempli d'une solution de sel marin, à laquelle on ajoute quelques gouttes de perchlorure de fer ; il est fermé au moyen d'un lambeau de peau, puis renversé dans une solution de cyanure de potassium et de fer. Après six heures, il n'y a pas le moindre signe d'endosmose entre les deux liquides.

On dispose l'expérience comme précédemment, mais on recouvre l'éprouvette d'une portion d'intestin, de manière que la face muqueuse réponde au prussiate de potasse et la face péritonéale au sel de fer : une coloration bleue, qui se manifeste bientôt, indique qu'un mélange s'est opéré entre les liquides à travers la membrane qui les sépare.

Un tube renfermant une solution d'acide tartrique et fermé au moyen d'un lambeau de peau, plonge dans une solution de bicarbonate de potasse : même au bout de douze heures, nulle réaction ne se manifeste entre les deux liquides; la face externe de l'épiderme présente une réaction alcaline et le derme est infiltré de la solution acide qui remplit, en même temps, une ampoule formée à la surface interne de la peau.

Si l'on répète cette dernière expérience, en substituant au lambeau de peau un lambeau de membrane intestinale, dont la face muqueuse réponde à la solution alcaline et la face péritonéale à la solution d'acide tartrique, on ne tarde pas à voir des bulles de gaz acide carbonique apparaître à la surface muqueuse.

Une portion de peau de la partie supérieure du bras, qu'on a mise à macérer dans l'eau distillée, est employée à recouvrir les extrémités de deux tubes remplis eux-mêmes d'eau distillée. L'un des tubes plonge dans l'eau distillée, l'autre dans une solution de chlorure de sodium. Au bout de dix-huit heures, on trouve dans l'eau des deux tubes des traces de chlorure, ce que l'auteur explique par une dissolution de la matière organique sous l'influence d'une longue macération.

En se fondant sur les différents faits qu'il a observés, Homolle croit pouvoir formuler les conclusions suivantes :

Dans un bain, l'eau pure est évidemment absorbée par la peau. Mais quand l'eau est chargée de substances minérales ou organiques, l'absorption a lieu « comme si la peau était douée d'une propriété non constatée jusqu'à ce jour, d'une sorte *de force catalytique en vertu de laquelle elle opérerait un départ entre les molécules constituantes de certains composés chimiques, pour exercer une absorption élective sur l'un des composants, à l'exclusion de l'autre* ».

Pour savoir si une substance mise au contact de l'organisme a été absorbée, le meilleur moyen consiste assurément à en démontrer la présence dans les liquides des diverses sécrétions. Mais, alors même qu'on n'y découvrirait pas cette substance, on ne pourrait en conclure en toute certitude qu'elle n'a point été absorbée; l'époque à laquelle on en fait la recherche n'est pas indifférente pour décider de la réalité de l'absorption, car il peut se faire, ou bien que la matière étrangère ne soit pas encore arrivée à l'endroit où on la cherche, ou bien qu'elle soit rendue méconnaissable par des substances organiques qui se sont combinées avec elle ou qui l'ont décomposée. G. Wetzlar (1), par exemple, prend 3gr,82 de

(1) *Dissertatio de materiarum nonnullarum, imprimis kali Borussici, in organismum transitu, annexis quibusdam de absorptione venosa.* Marburg, 1822, p. 24.

cyanure de potassium, puis, à l'aide d'un sel de fer, il examine pendant quatre jours toutes ses évacuations, et ne retrouve dans l'urine que $0^{gr},21$ de bleu de Prusse, sans pouvoir rencontrer la moindre trace du reste dans les excrétions, la sueur, le mucus nasal ou la salive. — Pour que les expériences d'Homolle eussent présenté toute la rigueur désirable, évidemment il aurait fallu que l'urine fût examinée à des époques à la fois plus rapprochées et plus éloignées du moment où l'expérience avait été commencée. D'ailleurs divers résultats qu'il signale sont tellement opposés à ceux que d'autres expérimentateurs ont obtenus, qu'on ne saurait les accepter sans les soumettre à un nouveau contrôle.

Nous avons dit, plus haut, que la peau absorbe également des *gaz*. Bichat s'étant enfermé, pendant plusieurs heures, dans une salle de dissection où se trouvaient des cadavres en putréfaction, en prenant la précaution de ne respirer que l'air du dehors au moyen d'un appareil spécial, l'odeur cadavéreuse des gaz rendus par l'anus dénota bientôt l'absorption des miasmes putrides par la surface de la peau. Chaussier (1) a très bien constaté aussi, dans ses expériences, que le gaz hydrogène sulfuré est absorbé malgré les poils et les plumes des animaux : il plaça des lapins et des oiseaux de diverses espèces dans des vessies pleines de ce gaz, en ayant soin d'exposer leur tête à l'air libre, et, au bout de dix à douze minutes, tous ces animaux avaient succombé ; une lame d'argent décapée ou du protoxyde blanc de plomb, mis en contact avec la peau, sont devenus immédiatement noirâtres à leur surface. Dans des expériences analogues faites avec l'acide carbonique, Collard de Martigny (2) a reconnu que l'action de ce gaz sur la surface du corps (la respiration d'un air pur continuant à s'opérer par les voies pulmonaires) produisait des accidents et pouvait même devenir funeste.

Du reste, comme chacun le sait, l'absorption normale de gaz par la peau est tellement active chez certains animaux, qu'une véritable respiration peut s'effectuer à travers cette enveloppe. Cela s'observe, par exemple, chez beaucoup d'animaux aquatiques d'une organisation simple, comme les polypes, les acalèphes, etc. La seule condition nécessaire à ce mode de respiration, c'est que la peau reste molle, souple et suffisamment perméable. Il existe aussi une respiration cutanée plus ou moins active chez diverses espèces supérieures pourvues d'un appareil respiratoire local, comme les grenouilles, les salamandres, etc. ; mais il nous faut réserver pour plus tard ce point intéressant de physiologie.

S'il est bien avéré que la peau intacte absorbe les substances qui sont mises simplement en contact avec elle, on comprend qu'il en soit encore ainsi, à plus forte raison, quand elle aura été soumise à des frictions préalables qui peuvent avoir intéressé son revêtement épidermique. Il serait donc superflu d'accumuler ici des preuves en faveur de l'absorption qui a lieu dans ces dernières conditions. Autenrieth et Zeller (3), Schubarth (4), Büchner, etc., ont retrouvé du mercure dans le sang d'individus soumis à des frictions mercurielles, et Lebküchner (5), qui est

(1) *Précis d'expériences faites sur les animaux avec le gaz hydrogène sulfuré*, dans le journal *la Biblioth. médic.*, t. I, p. 108 et suiv.

(2) *De l'action du gaz acide carbonique sur l'économie animale.* — Mémoire lu à l'Académie des sciences de Paris, dans sa séance du 26 juin 1826.

(3) Reil's *Archiv*, etc., t. VIII, p. 228.

(4) Horn's *Neue Archiv*, 1823, t. II, p. 119.

(5) *Loc. cit.*

parvenu à empoisonner des lapins en les frottant avec des solutions d'acétate de plomb, de chlorure de baryum, etc., a pu aussi retrouver ces substances dans le sang des artères et des veines. Cantu (1) a constaté la présence de l'iode dans le fluide sanguin de malades dont la peau avait été le siége de frictions avec des pommades iodurées; et, de son côté, Bluff (2) a démontré la présence de l'acide cyanhydrique dans le sang d'oiseaux frictionnés, au-dessous des ailes, avec cet acide. Colson (3) saigne un malade soumis préalablement à vingt-cinq onctions mercurielles de 30 grammes chacune, puis il expose au contact du sang une lame de cuivre décapée, et reconnaît, à la couleur blanche qui apparaît, la formation d'un amalgame, etc.

La faculté dont jouit la peau d'absorber certains médicaments est constamment mise à profit en thérapeutique : les bains simples ou composés, les cataplasmes et les fomentations de diverses natures, les frictions mercurielles ou autres rendent en effet de grands services dans le traitement de plusieurs maladies. Mais l'épiderme étant un obstacle à la rapidité de l'absorption des médicaments, on a imaginé de mettre directement en contact, avec le derme dénudé, la substance que l'on veut faire agir sur l'organisme. Cette méthode, connue sous le nom de *méthode endermique*, consiste à établir, à l'aide de la pommade de Gondret, par exemple, une prompte vésication qu'on fait suivre de l'application du médicament à absorber. On sait quels effets intenses et rapides on obtient, en particulier, des sels de morphine ainsi administrés.

L'état dans lequel se trouve la peau, lors même qu'elle est intacte, n'est pas sans influence sur le pouvoir absorbant de cette membrane : est-elle rude et sèche, le plus souvent les préparations médicamenteuses ne donnent lieu à aucun effet appréciable : tandis que, si elle est douce et moite, leur absorption peut s'accomplir avec assez de facilité.

Diverses autres circonstances influent encore sur le degré d'activité de l'absorption cutanée. Cet acte offre quelque énergie surtout chez les enfants et les jeunes gens, dont la peau est plus mince et plus vasculaire que celle des adultes et des vieillards. Sous ce rapport, la femme se rapproche de l'enfant : aussi l'absorption par la peau semble-t-elle être généralement plus active chez elle que chez l'homme. Les saisons ne sont pas non plus indifférentes : l'été et les climats un peu chauds favorisent ce genre d'absorption, tandis que l'hiver et les climats froids produisent l'effet inverse. On a aussi reconnu que, dans les diverses parties du corps, la peau ne jouit pas au même degré de la faculté absorbante : c'est surtout dans les points où, très amincie, elle se continue avec les membranes muqueuses (lèvres, gland, vagin, etc.) qu'elle absorbe le plus activement ; l'aine et l'aisselle sont des lieux d'élection toutes les fois qu'on veut obtenir un effet général de certaines onctions médicamenteuses.

Tout en attribuant à la peau une part incontestable dans l'absorption, alors même que sa couche épidermique a été conservée, on doit pourtant reconnaître que cette participation est assez faible pour que, grâce à son épiderme, la peau

(1) *Journal de chimie médicale*, t. II, p. 291.
(2) *Dissert. de absorptione cutis*, p. 23.
(3) *Arch. génér. de méd.*, 1826, t. III, p. 88.

puisse rester impunément en contact prolongé avec beaucoup de substances nuisibles ou vénéneuses qui seraient rapidement absorbées par une membrane muqueuse quelconque. Essentiellement destinée à envelopper l'animal et à le protéger contre l'action des éléments qui l'entourent, la peau, en effet, a pu être organisée de manière à n'absorber que dans des proportions bien minimes, si on la compare aux membranes muqueuses dont le rôle est si différent. Il ne faudrait donc pas s'exagérer les résultats de l'absorption cutanée, et aller croire, par exemple, que des branches d'aconit, placées sur le sein, ont pu agir par absorption directe, et faire évanouir de jeunes filles; que les racines de l'ellébore blanc, appliquées sur l'épigastre, ont produit des vomissements; que des médicaments amers, employés extérieurement sur l'abdomen, ont provoqué l'expulsion de vers intestinaux; que certaines pilules posées sur la région précordiale ont amené une purgation, ou que du pain appliqué sur l'épigastre peut contribuer à réparer les forces, etc.! Tous ces faits, et beaucoup d'autres qui ne sauraient être acceptés, ont été recueillis par Haller (1), qui d'ailleurs les apprécie à leur juste valeur, en ces termes : « *Suspecta enim experimenta esse non ignoro.* »

ABSORPTION PAR LA MEMBRANE MUQUEUSE PULMONAIRE.

La membrane muqueuse pulmonaire, dont le rôle essentiel est d'absorber l'air atmosphérique, offre aux extrémités des bronches une telle ténuité, que les liquides, les vapeurs ou les divers gaz, pénètrent cette membrane aussi bien que ses vaisseaux avec une étonnante rapidité. De là, en physiologie expérimentale, la préférence qu'on donne assez souvent à la voie pulmonaire, quand il s'agit de faire passer vite et sûrement, par absorption, dans le sang des animaux, certaines substances solubles dont on a intérêt à connaître l'influence sur l'économie. Seulement, en pareil cas, l'expérimentateur ne devra jamais négliger une précaution importante, qui est de faire préalablement la trachéotomie : il évitera ainsi tout passage de liquides par le larynx et toute stimulation anormale de la muqueuse sus-glottique, d'où résulteraient des contractions spasmodiques de la glotte nécessairement accompagnées de menaces de suffocation. C'est qu'en effet, comme nous l'avons souvent constaté dans des expériences comparatives (*), tandis que la muqueuse du vestibule sus-glottique jouit d'une sensibilité exquise en rapport avec la protection de l'entrée des voies respiratoires, au contraire la membrane qui revêt la trachée et les bronches offre une sensibilité relativement assez obtuse. Cette différence légitime l'emploi du procédé expérimental dont il s'agit, à la condition pourtant que la quantité de liquide introduite à la fois dans la trachée ne sera jamais assez abondante pour interrompre tout d'abord la respiration.

De nombreuses expériences ont fait voir que l'*eau*, introduite en quantité notable dans les bronches, ne tarde pas à y être résorbée : ainsi, des chats en ont supporté jusqu'à 60 grammes, au témoignage de Ed. Goodwyn (2), et des chiens,

(1) *Elementa physiol.*, t. V, p. 87.

(*) Voir (chap. *Digestion*, p. 108 et suiv.) nos expériences qui démontrent le rôle important que joue la sensibilité de la muqueuse sus-glottique, comme régulateur commun de la respiration et du second temps de la déglutition.

(2) *The Connection of Life with Respiration : or an Experimental Inquiry on the Effects of Submersion*, etc. Londres, 1788.

environ quatre fois davantage, au rapport de Ségalas (1); des lapins ont survécu à l'injection de 125 grammes d'eau, pratiquée par Mayer (2) dans l'espace de vingt-quatre heures.

Les résultats les plus curieux, sous ce rapport, sont ceux que rapporte Gohier (3). Dans l'intention d'asphyxier et d'abattre promptement un cheval destiné à la pratique des opérations, des élèves lui injectent, par une plaie faite à la trachée, plusieurs litres d'eau : l'animal survit à l'expérience, qui, répétée à plusieurs reprises, cause la mort, seulement quand 32 litres d'eau ont été successivement introduits dans les voies aériennes. Gohier lui-même fait renouveler ces tentatives sur deux autres chevaux et sur un âne, qui ne succombent qu'après que le liquide a été poussé dans les bronches très vite et en fort grande quantité à la fois. L'autopsie démontre qu'en pareils cas les bronches peuvent parfois être entièrement vides, alors que les poumons sont engorgés et œdémateux.

La membrane muqueuse pulmonaire peut également absorber des *substances dissoutes dans l'eau*, et les laisse passer dans le sang avec une très grande promptitude ; c'est ce que démontrent les faits suivants :

Dans les bronches d'un chat sont introduits 30 grammes d'une solution de sulfate de cuivre ammoniacal. La respiration devient stertoreuse et l'animal ne tarde pas à être pris de convulsions. La carotide et la jugulaire étant ouvertes cinq minutes après l'injection, on constate la présence du cuivre ammoniacal dans le sang artériel. — Du prussiate de potasse, dissous dans l'eau, est injecté dans la trachée-artère d'un chat ; après deux minutes, le sérum du sang artériel offre des traces de ce sel, qu'on ne retrouve ni dans le canal thoracique, ni dans le sérum du sang veineux, ni dans l'urine. — Une dissolution de sulfate de fer est poussée dans les bronches de deux chats : six minutes après, le sérum du sang de la carotide renferme ce sel, qui n'existe pas dans la veine jugulaire. — Deux grammes et demi de nitrate de potasse, dissous dans 16 grammes d'eau, sont injectés dans la trachée d'un chat : l'animal éprouve des convulsions et meurt au bout de deux minutes ; du papier est trempé dans le sang de l'aorte descendante, on le fait sécher, et il brûle avec une légère décrépitation. Un autre morceau de papier, imprégné du sang de la veine jugulaire et également desséché, ne présente pas un phénomène analogue. — Un renard succombe très vite, après qu'on a introduit de l'huile de térébenthine et de l'huile d'olive dans sa trachée-artère : le sang artériel exhale l'odeur de la térébenthine et le sang veineux ne présente rien de semblable (Lebküchner) (4).

Suivant Ségalas (5), l'injection d'une certaine quantité d'alcool dans les bronches détermine une ébriété aussi prompte que par le mélange direct de ce liquide avec le sang, et la section des nerfs de la huitième paire n'aurait pas d'influence sur la promptitude des phénomènes de l'ivresse (*).

(1) *Loc. cit.*

(2) MECKEL'S *Deutsches Archiv*, etc., t. III, p. 494.

(3) *Mém. et Observ. sur la chirurgie et la médecine vétérinaires*, t. II, p. 418, année 1816.

(4) *Dissertatio quâ experimentis eruitur, utrum per viventium adhuc animalium membranas atque vasorum parietes materiæ ponderabiles illis applicatæ permeare queant, nec ne?* Tubingue, 1819.

(5) *Archiv. génér. de méd.*, t. XII, p. 105.

(*) Ici il faut établir relativement à l'activité de l'absorption pulmonaire, une différence qu

Les poisons dissous s'absorbent rapidement aussi lorsqu'on les introduit dans les voies aériennes : la strychnine qu'on y injecte tue très promptement les animaux ; il en est de même de l'acide cyanhydrique (1). D'après Ségalas (2), 0^{gr},10 d'extrait alcoolique de noix vomique, poussés dans les bronches d'un chien de moyenne taille, produisent la mort en quelques secondes.

Les principes colorants de l'indigo et du safran ont été retrouvés dans l'urine, après l'injection d'une solution de ces substances dans la trachée-artère : sous ce rapport, il y a conformité dans les observations de Mayer (3), Seiler et Ficinus (4), qui contredisent celles de Lebküchner.

Piollet (5) s'est appliqué à déterminer le temps nécessaire à un liquide, absorbé par la muqueuse pulmonaire, pour se montrer dans le sang artériel et dans le sang veineux. L'artère crurale et la veine jugulaire étant mises à nu sur un chien, 120 grammes d'une dissolution de prussiate de potasse sont injectés dans la trachée : après quatre minutes, le sang de l'artère crurale contient déjà des parties de ce sel, et, après sept minutes seulement, ce dernier apparaît dans la veine.

La rapidité de l'absorption pulmonaire est encore démontrée par l'expérience suivante. La trachée étant ouverte sur des agneaux, une solution de cyanure de potassium (30 grammes de sel pour 1 kilog. d'eau) y est instillée peu à peu, et la substance ainsi administrée apparaît dans l'urine, douze, dix et même huit minutes après l'opération. Ajoutons que la poitrine de ces animaux ayant été alors ouverte, on a constaté la présence du cyanure de potassium dans les veines pulmonaires et l'oreillette gauche du cœur, mais qu'on n'a pu retrouver ce sel dans les vaisseaux et ganglions lymphatiques du poumon, ni dans le sang de la veine cave descendante (Panizza) (6).

La marche rapide de l'absorption, à la surface des voies aériennes, a été appréciée d'une autre manière par Stehberger (7) : Sur un jeune homme atteint d'une exstrophie de vessie, l'urine expulsée par les uretères exhalait l'odeur de violette un quart d'heure après que le sujet avait aspiré de l'essence de térébenthine. Mayer (8) injecte un mélange de teinture d'indigo et de teinture de safran dans la trachée-artère de plusieurs lapins ; au bout de huit minutes, leur urine avait pris une coloration verte.

La grande activité de l'absorption pulmonaire aurait été démontrée directement chez l'homme lui-même, dans un cas observé par Desault, à l'Hôtel-Dieu : une fausse route suivie par une sonde que l'on croyait porter dans l'œsophage et qui pénétra, dit-on, dans le larynx, conduisit un bouillon dans les voies aériennes ; il

n'est pas sans quelque intérêt et que m'ont révélée mes propres expériences : les nerfs vagues étant reséqués, si l'on injecte dans les voies respiratoires de l'alcool ou une substance vénéneuse en dissolution, l'ivresse ou l'intoxication se manifeste beaucoup plus vite le premier jour de l'opération que le second et surtout le troisième jour ; d'où il semble résulter que l'activité de l'absorption diminue en raison directe de l'engouement pulmonaire. (Voir mon *Traité d'anat. et de physiol. du syst. nerv.*, t. II, p. 303. Paris, 1842.)

(1) MAGENDIE, *Leçons sur les phénom. physiques de la vie*, 1836, t. I, p. 31.
(2) *Loc. cit.*, p. 109.
(3) MECKEL'S *Deutsches Archiv*, t. III, p. 498.
(4) *Zeitschrift für Natur und Heilkunde*, t. I, p. 135.
(5) *Archiv. génér. de méd.*, t. IX, p. 610.
(6) PANIZZA, *Memorie dell' I. R. Institut. Lomb.*, 1841, t. I.
(7) *Zeitschrift für Physiologie*, t. II, p. 49.
(8) MECKEL'S *Deutsches Archiv*, etc., t. III, p. 498.

n'en résulta aucun accident grave. Ce fait, qui est cité dans divers traités de physiologie, ne nous semble pas appuyé de preuves suffisantes.

Bientôt, en nous occupant des *agents de l'absorption*, nous aurons occasion de rappeler que, dans toutes celles des expériences précédentes où les substances injectées sont apparues dans les cavités gauches du cœur et les artères plus tôt que dans ses cavités droites et les veines du corps, le passage dans le sang a été trop rapide pour qu'on puisse l'expliquer par le cours de la lymphe, et que, par conséquent, les veines pulmonaires sont ici la principale voie d'absorption.

Les *substances volatiles* sont aussi très facilement absorbées par la muqueuse pulmonaire, et portées ultérieurement dans les voies circulatoires : c'est ainsi, par exemple, que survient l'odeur de violette communiquée à l'urine par l'inspiration d'un air chargé de vapeurs de térébenthine. Piollet (1) s'enferme la tête dans un air chargé de ces vapeurs, d'alcool vaporisé ou de miasmes putrides, avec la précaution de laisser le reste de son corps plongé dans une atmosphère composée d'air pur : dans le premier cas, il retrouve l'odeur de violette dans son urine ; dans le second, il ressent tous les effets de l'ivresse ; dans le troisième, il reconnaît une odeur cadavéreuse aux gaz intestinaux et aux matières fécales. Panizza (2) a aussi constaté, sur des chevreaux, l'absorption des vapeurs d'iode : pour cela, il se sert d'un appareil dans lequel cette substance se volatilise d'une manière lente et continue, appareil muni d'une ouverture à laquelle adhère un tube de toile cirée. L'ouverture reçoit la tête d'un chevreau, au cou duquel est fixée la partie libre de cette toile ; et, bientôt, la présence de l'iode est facile à reconnaître dans le sang de l'artère fémorale.

L'homme et les animaux supérieurs peuvent, accidentellement, se trouver plongés dans différents *gaz* délétères qui, avec l'air atmosphérique, pénètrent dans les voies respiratoires, y sont absorbés et déterminent l'intoxication.

Mais, de toutes les absorptions gazeuses qui s'opèrent à la surface muqueuse des poumons, il n'en est pas de plus intéressante pour le physiologiste que celle qui normalement s'accomplit, aux dépens de l'oxygène de l'air, durant l'acte respiratoire. Aussi fera-t-elle l'objet d'un chapitre spécial. (Voy. le chap. *Respiration.*)

En thérapeutique, on devait nécessairement songer à utiliser la faculté éminemment absorbante de la muqueuse des voies respiratoires : c'est par l'entremise de cette membrane que le chloroforme, l'éther, l'amylène et autres agents anesthésiques, introduits dans le sang, vont influencer si singulièrement le système nerveux central : Baier (3) a proposé d'administrer aux malades le mercure, en leur faisant respirer la vapeur qui résulte de la projection de ce métal sur des charbons ardents ou bien sur une capsule de terre ou de métal rougie au feu ; Nicolas Massa (4) a conseillé les inspirations de cinabre volatilisé, dans la vérole constitutionnelle ; aux individus atteints d'affections pulmonaires chroniques, quelques médecins ont recommandé le séjour dans des étables, les fumigations iodées ou sulfureuses, etc.

(1) *Loc. cit.*, et dans *Bulletin* de FÉRUSSAC, t. VII, p. 220.
(2) *Loc. cit.*
(3) GMELIN, *Appar.*, t. VIII, p. 73.
(4) VAN SWIETEN, *Comment.* BOERH., t. V, p. 476.

Mais si l'absorption pulmonaire a été mise à profit dans le traitement de certaines maladies, elle est bien plus souvent encore une porte ouverte à des principes nuisibles qui pénètrent dans l'économie et parfois y produisent de grands ravages. Qui ne connaît les accidents produits sur les mineurs employés à l'exploitation du mercure, depuis que Ramazzini (1) les a si bien décrits? Walter Pope (2) a, de son côté, signalé des accidents semblables chez les ouvriers qui travaillent aux mines du Frioul. Colson (3) rapporte que lui-même et cinq élèves en médecine, attachés au service des vénériens, furent atteints de gonflement mercuriel des gencives et de ptyalisme (bien qu'ils n'eussent touché aucune préparation hydrargyrique), par le seul fait de leur séjour dans les infirmeries où leur service les retenait. Mais, parmi les cas de ce genre, le plus remarquable est le suivant (4) : En 1810, le vaisseau anglais *le Triomphe* reçut à son bord une grande quantité de mercure qui s'échappa des vessies et des barils dans lesquels on l'avait renfermé, et de là fit irruption dans tout le navire; pendant une période de trois semaines, deux cents individus furent atteints de salivation, d'ulcérations à la bouche et à la langue, de paralysies partielles et de dérangement des intestins. Ces funestes effets se firent également sentir sur les animaux qu'on avait à bord; plusieurs même périrent victimes de cette intoxication.

Que de professions dans lesquelles des matières animales ou végétales, mêlées à l'air atmosphérique, sont réputées produire par cela même des effets pernicieux sur les malheureux ouvriers! Dans les manufactures de soie, deux opérations compromettent surtout la santé : le tirage de la soie des cocons, au milieu des émanations infectes de la chrysalide, et le cardage de la filoselle. D'après Vincent et Baumes (5), les femmes qui se livrent à ce travail seraient plus spécialement sujettes aux fièvres putrides, aux congestions pulmonaires et à l'hémoptysie. Dans les prisons de Metz (6), la plupart des détenus sont employés à battre, à éplucher et à tirer le crin : des éruptions furonculeuses, des anthrax plus ou moins graves, etc., ont paru être souvent le résultat de l'absorption des émanations qui se dégagent des crins de qualité inférieure. — Le séjour prolongé dans les mines a été considéré comme donnant lieu à une maladie des organes respiratoires, appelée *phthisie charbonneuse* du poumon, qui a été étudiée surtout par Gregory, Christison, Thomson, etc. — La fabrication du tabac exerce aussi une influence incontestable sur la santé des individus qui vivent dans une atmosphère chargée des principes volatils que cette plante dégage : chez eux, il survient une altération particulière du teint ; ce n'est point une décoloration simple, une pâleur ordinaire, c'est un aspect gris avec quelque chose de terne, une nuance mixte qui tient de la chlorose et de certaines cachexies. La physionomie en reçoit un caractère propre auquel un œil exercé pourrait, jusqu'à un certain point, reconnaître tous ceux qui ont longtemps travaillé le tabac (7). — Des fièvres intermittentes, des dysenteries, des fièvres malignes, ont souvent atteint des individus qui avaient assisté à une exhumation de cadavres : par quelle voie les principes de ces maladies auraient-ils pénétré dans l'économie, si ce n'est surtout par la voie pulmonaire? Beaucoup d'affections

(1) *De morbis artificium diatriba*. Trad. franç. par Fourcroy. Paris, 1777.
(2) *Phil. Trans.*, p. 1665.
(3) *Arch. génér. de méd.*, t. XII, p. 70.
(4) *Phil. Trans.*, part. II, p. 402. — *Arch. génér. de méd.*, t. IV, p. 282.
(5) *Topographie de la ville de Nîmes*, 1802.
(6) *Annales d'hygiène*, 1845, t. XXXIII, p. 339.
(7) *Bulletin de l'Académie de médecine de Paris*, 1845, t. X.

ne sont contagieuses que parce que l'atmosphère en permet la propagation d'un individu à un autre : un petit malade, atteint de coqueluche, de variole, de rougeole ou de scarlatine, est placé dans un milieu où viennent respirer à leur tour un grand nombre d'autres enfants, et ces derniers eux-mêmes ne tardent pas à contracter une de ces affections, etc.

ABSORPTION PAR LA MEMBRANE MUQUEUSE DIGESTIVE.

Si c'est par l'entremise de la membrane muqueuse pulmonaire que le principe vivifiant de l'air (gaz oxygène) pénètre dans les voies circulatoires, c'est par la *membrane muqueuse digestive* et ses vaisseaux que passe le produit liquide de la digestion pour venir se mêler au sang, rendez-vous commun de tout ce qui est absorbé. Les muqueuses pulmonaire et digestive sont donc, *comme surfaces absorbantes*, les plus importantes de toutes, puisqu'elles sont essentiellement chargées d'introduire dans l'organisme les matériaux propres à réparer ses pertes incessantes.

Pour ce qui regarde l'absorption par la muqueuse digestive, si elle est en effet l'une des plus importantes quant au but fonctionnel, on peut ajouter qu'elle est aussi la plus étendue de toutes les absorptions et celle qui s'opère sur les produits les plus abondants et les plus variés. Pour s'en convaincre, ne suffirait-il pas déjà, à l'égard des *aliments*, de comparer le poids de la masse ingérée à celui des fèces, puis de se rappeler la variété des principes propres aux matières alimentaires (principes gras, albuminoïdes, féculents ou sucrés)? Et les *boissons*, qui plus tard seront excrétées par les urines, par la sueur ou la perspiration pulmonaire, en quelle quantité ne sont-elles pas introduites dans les voies digestives? Comment aussi ne pas tenir compte de tous ces liquides organiques (salive, bile, sucs gastrique, pancréatique, intestinal, etc.) si abondamment versés dans ces mêmes voies (*)? Qu'ils rentrent dans l'économie avec leurs caractères primitifs ou bien qu'ils soient modifiés dans leur composition pour faire partie des produits extraits des aliments eux-mêmes, toujours est-il qu'ils sont pour la plupart presque entièrement destinés à la résorption, et non à l'élimination comme l'urine.

Ajoutons qu'indépendamment de tous ces produits utiles au renouvellement et à l'entretien des organes, la membrane muqueuse digestive peut encore absorber normalement une partie des *gaz* que renferme toujours le tube intestinal, et accidentellement une foule de *sels* autres que ceux qui sont nécessaires à l'alimentation, des *matières colorantes* et *odorantes*, des *médicaments*, même aussi des *poisons*, malgré la faculté élective attribuée à de prétendues bouches absorbantes.

Il importe d'ailleurs de savoir que le pouvoir absorbant de cette membrane n'est pas également réparti sur tous les points des voies digestives : faible dans la bouche et dans l'œsophage où, à la vérité, les substances ingérées séjournent à peine, il est, sauf quelques exceptions, assez marqué dans l'estomac, acquiert tout son développement dans l'intestin grêle, et va s'affaiblissant de nouveau à mesure qu'on s'approche davantage de la terminaison du gros intestin.

(*) Pour ne parler que du *suc gastrique*, on sait qu'un chien, du poids de 10 kilogrammes seulement, en sécrète environ 500 grammes dans les vingt-quatre heures ; chiffre qui serait énorme si ce fluide ne devait pas être en très grande partie résorbé avec le produit même de la digestion.

Avant de nous occuper des diverses absorptions signalées plus haut, cherchons donc si l'examen des points qui possèdent plus spécialement la faculté absorbante ne nous révélerait pas quelques particularités dignes d'intérêt.

La *membrane muqueuse digestive* n'offre, en effet, ni le même aspect, ni les mêmes caractères anatomiques dans tous les points de son étendue. Mais la seule portion qui doive plus spécialement fixer notre attention, au point de vue dont il s'agit, est évidemment celle qui revêt l'intestin grêle : elle est remarquable par l'existence d'un grand nombre de replis ou *valvules conniventes*, et par de nombreuses saillies ou *villosités*.

Les *valvules conniventes* sont des replis muqueux, à configuration variable, qui résultent de l'adossement de la membrane muqueuse à elle-même, et dont on rencontre déjà des rudiments dans le tube digestif de quelques Acalèphes, des Actinies, des Mollusques, des Nématoïdes, des Annélides et des Insectes. Presque toujours dirigées suivant la longueur de l'intestin chez les Poissons et les Reptiles, ces plis affectent chez les Mammifères, et notamment chez l'homme, une direction transversale. On les rencontre dans l'intestin grêle seulement, et leur nombre est d'autant plus considérable qu'on se rapproche davantage du pylore ; conséquemment, elles sont plus nombreuses dans le duodénum que dans le jéjunum et l'iléon. Elles sont aussi en plus grand nombre sur la demi-circonférence de l'intestin qui tient au mésentère que sur la demi-circonférence opposée.

Leurs dimensions, en longueur et en hauteur, sont d'autant plus étendues, qu'on examine ces valvules dans des parties plus élevées de l'intestin : c'est ainsi que, dans le duodénum, elles parcourent un trajet comprenant la moitié ou les trois quarts de la circonférence du tube intestinal, et qu'elles se réduisent au tiers ou au quart de cette circonférence, vers la terminaison de l'intestin grêle. Leur direction est généralement perpendiculaire à l'axe du tube; mais elle est oblique par rapport à la surface de l'intestin. Leur forme se rapproche plus ou moins de celle d'un croissant; en effet, les deux extrémités se terminent en pointe et le milieu est la partie la plus large. Ces valvules sont tellement disposées, que le bord libre est inférieur, concave et saillant dans l'intestin, tandis que le bord adhérent, convexe, est lié au corps de cet organe. Si l'on examine leur *structure*, on reconnaît qu'elles sont formées de deux feuillets de la membrane muqueuse, unis ensemble par du tissu cellulaire, sans interposition d'aucune fibre musculaire. Chaque valvule renferme d'ailleurs dans sa tunique celluleuse une branche vasculaire qui marche parallèlement à la longueur de la valvule, et de laquelle se détachent les nombreux rameaux destinés à la muqueuse.

Les valvules conniventes, étant complétement dépourvues de fibres musculaires, ne sauraient exécuter des mouvements propres. Les inégalités qu'elles déterminent dans l'intérieur de l'intestin peuvent contribuer à ralentir la marche des matières alimentaires; mais surtout ces valvules servent à augmenter, proportionnellement à leur nombre, l'étendue de la surface muqueuse c'est-à-dire de la *surface absorbante* de l'intestin.

Quant aux *villosités*, ce sont de petits appendices très fins et très délicats qui, chez les Mammifères spécialement, donnent un aspect velouté aux parties de la muqueuse digestive sur lesquelles on les observe. Dans l'intestin grêle, où on les rencontre exclusivement, elles existent sur les valvules conniventes aussi bien que dans leurs intervalles, et sont d'autant plus nombreuses qu'on les examine dans

une portion plus élevée de cet intestin. Leur forme est, en général, celle d'une lamelle plus ou moins régulièrement triangulaire; mais, pendant le travail de la digestion, elles prennent la forme cylindrique. On a cru, longtemps, que le sommet de chaque villosité était perforé d'une ou de plusieurs ouvertures conduisant à une sorte d'ampoule, dont Lieberkühn (1) admettait l'existence à la base de la villosité. Cet anatomiste voyait là comme l'origine des vaisseaux lactés; opinion qui a été partagée par J. Hunter (2), Cruikshank (3), Treviranus (4), L. Boehm (5), etc. Cette erreur, réfutée surtout par Rudolphi (6), s'explique par une illusion d'optique que plusieurs circonstances peuvent produire; telles sont : l'existence de bulles d'air; la disposition des vaisseaux sanguins du sommet de la villosité, signalée par Berres; l'existence de petites fossettes éparses à la surface des villosités de certains animaux, notamment de la brebis et du bœuf; la disposition de l'épithélium dont les noyaux de cellules simulent des orifices, etc.

Diverses opinions ont été émises sur la *structure des villosités*. Leeuwenhoek (7) les considère comme de nature musculeuse; Mascagni (8), comme composées d'un lacis de vaisseaux sanguins et lymphatiques; Flourens, comme des productions dépendantes du derme, etc. Quoi qu'il en soit, on trouve, dans ces petits organes si admirablement disposés pour l'absorption, plusieurs ordres de vaisseaux : des artères qui, finement divisées, donnent naissance par leurs anastomoses à un réseau de capillaires, et des veines qui constituent également un réseau et se réunissent souvent en un seul tronc. Il y a d'ailleurs, entre ces divers vaisseaux, des communications nombreuses. Quant à leurs réseaux, tantôt ils offrent des anses concentriques, et tantôt ils représentent de petits vaisseaux parallèles anastomosés entre eux.

Il reste à mentionner un troisième ordre de vaisseaux, c'est-à-dire à déterminer l'origine des lymphatiques dans la villosité. Nous avons déjà signalé l'opinion de Lieberkühn, pour n'y plus revenir. D'après Henle (9), les villosités sont formées par la membrane muqueuse de l'intestin grêle, qui, couverte de son épithélium à cylindres, fait saillie dans l'intérieur de l'intestin sous la forme d'un doigt de gant ou d'un petit pli. Les villosités étroites ont une cavité centrale simple (ou chylifère) qui commence à leur sommet par un *cul-de-sac*, parfois un peu dilaté en ampoule, et qui suit l'axe jusqu'à la base. Dans les villosités larges, il existe un canal simple qui commence aussi en *cul-de-sac* à l'un des côtés, marche le long du bord arqué et descend de l'autre côté pour aller se perdre dans la profondeur; ou bien elles ont deux canaux naissant, à côté l'un de l'autre et au sommet du pli, par des extrémités en cul-de-sac, souvent contournées sur elles-mêmes, et qui partent de ce point en divergeant, pour suivre chacune l'un des bords latéraux de la lamelle. En examinant au microscope les villosités dépouillées de l'épithélium, on voit ces canaux chylifères limités par deux bords obscurs; sur les coupes transversales, ils apparaissent comme des ouvertures rondes, et, dans les villosités pleines de chyle

(1) *De fabrica et actione villorum intestinorum tenuium*. Leyde, 1745.
(2) *Œuvres complètes*. Trad. franç. de Richelot, t. Ier, p. 297, et t. III, p. 514. Paris, 1843.
(3) *Anatomy of the Absorbent Vessels*, etc. London, 1786. — Trad. franç. par Petit Radel.
(4) *Beiträge*, etc., t. II, 1835, p. 104.
(5) *Die kranke Darmschleimhaut*, etc. Berlin, 1838, p. 43.
(6) REIL'S *Archiv*, t. IV, 1800, p. 66, 75, 345, 393.
(7) *Opera omnia*, t. III. Leyde, 1722.
(8) *Vasorum lymphat. corp. hum. histor. et iconogr*. Sienne, 1787.
(9) *Anat. gén.*, t. II, p. 79 et suiv., trad. de Jourdan. Paris 1843. — Et *Symbolæ ad anatomiam villorum intestinalium*, fig. 12, 4. Berlin, 1837.

ils présentent une couleur blanche argentine. Du réseau lymphatique le plus superficiel de la muqueuse, partent de fines ramifications qui aboutissent à chacun de ces canaux. Quant aux vaisseaux sanguins de la membrane muqueuse, ils constituent, tant sur la surface de cette membrane que dans les villosités, des réseaux extrêmement déliés qui se comportent, à l'égard du vaisseau chylifère central, comme ils le font dans les glandes à structure tubuleuse par rapport aux canaux glandulaires.

C'est chez un homme mort pendant le travail de la digestion et sur des villosités fortement remplies de chyle, que Henle (1) a pu constater les précédentes dispositions des vaisseaux lymphatiques à leur origine. Schwann (2) a, sur la même pièce, injecté le canal chylifère de chaque villosité avec du mercure poussé par les lymphatiques superficiels de la muqueuse.

Du reste, lors même que la turgescence est moins grande, ce canal est fréquemment accusé par une série interrompue de globules graisseux ; souvent encore son sommet seul contient une gouttelette de graisse, qu'on peut diviser par la pression et faire cheminer, le long du canal, vers la base de la villosité. Ajoutons que ce canal médian ou chylifère peut être vu, même dans l'état de vacuité.

D'après Krause (3), le tronc lymphatique, qui existe au centre de la villosité, proviendrait de l'union de plusieurs petits vaisseaux du même ordre qui, au dire de cet observateur, commencent en partie par des extrémités libres, et en partie communiquent ensemble par des réseaux.

Quant à Gruby et Delafond (4), ils ont décrit des orifices aux cellules épithéliales des villosités, et admis pour ces organes deux genres d'épithélium : un épithélium cylindrique, et un autre *à tête* formé de cellules plus longues que celles du premier. Chacune de ces dernières cellules s'ouvrirait au dehors par un orifice ordinairement béant comme un entonnoir et parfois fermé. C'est par ces orifices que Delafond et Gruby font pénétrer le chyle, qui parviendrait ainsi dans un vaisseau chylifère unique, placé au centre de la villosité.

De ses recherches sur les vaisseaux lymphatiques du système muqueux, Sappey (5) conclut, contrairement à l'opinion assez généralement admise, que nulle part les radicules du système absorbant ne se présentent à l'état d'isolement ou d'indépendance ; que partout elles s'anastomosent entre elles, de manière à former des anses, des mailles, des plexus qui se disposent en membrane. Celle-ci, comprise dans l'épaisseur de la couche la plus superficielle du chorion muqueux, recouvre les vaisseaux sanguins et embrasse les villosités de l'intestin grêle de la même manière qu'elle entoure les papilles de la langue. Une semblable disposition est évidemment incompatible avec l'existence de canalicules occupant l'axe des villosités et s'ouvrant à leur extrémité libre. Ce ne serait donc pas, suivant cet anatomiste, par un canalicule unique et central, que chaque villosité absorberait, mais par des canalicules multiples, périphériques et *imperforés*.

En appliquant l'*hydrotomie* à l'étude des villosités intestinales, Lacauchie (6), un des premiers, a reconnu dans ces appendices un phénomène qu'il désigne

(1) *Anatomie générale*, t. II, p. 81. Traduct. cit.
(2) J. MÜLLER, *Physiologie*, t. I, p. 265. Édit. franç.
(3) MULLER'S *Archiv*, 1837, p. 5.
(4) *Comptes rendus des séances de l'Acad. des sciences de Paris*, 1843. Séance du 5 septembre.
(5) *Traité d'anat. descript.*, t. I, p. 596, et t. III, p. 151.
(6) *Traité d'hydrotomie*, 1853, p. 37.

sous le nom de *contraction de la villosité*. D'après cet observateur, au moment où les villosités sont placées sous le microscope, quelques-unes sont encore allongées et lisses, mais peu à peu on les voit se ramasser, devenir plus opaques et se plisser de rides profondes, régulières, très bien indiquées à leur pourtour par les dentelures de leur épithélium ; en même temps, si l'animal n'est pas mort par effusion de sang, on aperçoit les villosités enveloppées dans un réseau de vaisseaux sanguins, qui, dans le cas contraire, sont moins apparents et quelquefois même ne peuvent être distingués. Sous l'épithélium, ajoute l'auteur, on découvre des stries déliées et longitudinales qui occupent toute la longueur de la villosité ; mais il ne se prononce pas sur leur nature et ignore si ce sont des chylifères ou un tissu particulier entourant ces derniers vaisseaux.

En définitive, sachons donc qu'aujourd'hui la majorité des anatomistes s'accorde à nier que les chylifères naissent par des radicules béantes : si, de prime abord, une pareille opinion ne semble guère s'accorder avec l'acte même de la pénétration du chyle dans les villosités, nous verrons que néanmoins on a cru pouvoir expliquer cet acte d'une manière autre et satisfaisante pour l'esprit.

I. Après l'exposé de ces notions sur les principaux organes absorbants de la muqueuse digestive, nous allons procéder à l'étude des diverses absorptions qui ont lieu à la surface de cette membrane, sans nous préoccuper, pour l'instant, ni de leur mécanisme, ni le plus souvent de la question de savoir si elles s'accomplissent à l'aide des lymphatiques ou des veines (*) : c'est la marche que nous avons déjà suivie à propos des absorptions par la peau et par la muqueuse pulmonaire.

Nous commencerons cette étude par les *boissons* ; puis viendront les gaz, les substances salines, colorantes ou odorantes, les médicaments et les poisons, enfin les diverses espèces d'*aliments* qui méritent surtout de fixer notre attention.

Parmi les boissons, il en est qui restent inaltérées dans la première partie du tube digestif, et d'autres qui contribuent à former le chyme : l'eau pure et l'alcool, par exemple, se rangent dans les premières ; l'huile, le bouillon, le lait, etc., se classent dans les secondes et constituent de véritables aliments.

L'*eau* ingérée dans l'estomac se trouble par son mélange avec les produits de sécrétion de cet organe ; une partie passe dans l'intestin grêle, l'autre est absorbée sur place. Cette absorption s'effectue d'ailleurs avec une grande rapidité : ainsi, d'après Schultz (1), un bœuf qui vient de boire présente, dans son sang, 0,057 d'eau de plus qu'auparavant ; sur 72 parties d'eau qu'il avale, près de 4 passent très promptement dans le torrent de la circulation. Un de ces animaux, qui n'avait pas bu depuis vingt-quatre heures, avait dans le sang 0,775 parties d'eau ; peu d'instants après qu'il eut bu abondamment, son sang en renfermait 0,840. Sœmmerring et d'autres observateurs, Corpet par exemple (2), ont vu, dans l'exstrophie de vessie, l'urine sortir abondamment des orifices des uretères quelques minutes après que l'individu avait pris des boissons ; et, si déjà l'urine coulait goutte à goutte, bientôt on la voyait sortir par jet.

Nous avons dit qu'une partie des boissons aqueuses est absorbée dans l'estomac,

(*) Voir plus loin les chapitres intitulés : *Théorie de l'absorption ; Agents de l'absorption.*
(1) Dans *Journal de* HUFELAND, 1838.
(2) SIEBOLD'S *Journal für Geburtshülfe*, t. XII, p. 309.

et qu'une autre portion passe dans l'intestin. Si pourtant on applique une ligature sur le pylore, ces boissons peuvent encore disparaître (1). Dans l'espace d'une demi-heure, 30 grammes d'eau teinte d'indigo ou de garance ne se sont plus retrouvés dans l'estomac des chiens, après la ligature du pylore (2), et les vaisseaux lymphatiques du viscère ne se sont montrés ni colorés, ni même gorgés de liquide.

Il n'en est pas de même chez le cheval, d'après les expériences de Bouley (3); l'eau ou d'autres liquides introduits dans l'estomac n'y sont pas absorbés lors de l'état normal: en effet, en liant le pylore après avoir administré une solution de noix vomique (les pneumogastriques restant intacts), il n'y a pas de signes d'empoisonnement, tandis qu'en rétablissant la communication avec l'intestin, on produit une intoxication rapide. Il y a, d'après Bouley, des exceptions semblables pour les trois premiers estomacs des ruminants; le quatrième seul paraît prendre une part active à l'absorption des liquides, et l'estomac unique du chien, du chat, du porc et du lapin, semble être aussi dans d'excellentes conditions pour l'accomplissement de cet acte.

Pour rendre compte de ces différences, on a fait remarquer que, chez le cheval, l'épithélium pavimenteux plus ou moins grossier qui tapisse l'œsophage, au lieu de se transformer, au niveau du cardia, en épithélium cylindrique plus délicat et plus perméable aux liquides, ne change de caractère que vers la partie moyenne de l'estomac, de telle sorte que, dans toute la portion splénique, on observe une couche épithéliale aussi épaisse que l'épiderme cutané; c'est seulement vers la portion pylorique, où la vascularité est plus prononcée, qu'il existe un épithélium plus mince. Dans l'estomac du chien, du porc, etc., au contraire, on ne trouve nulle part un revêtement épidermoïde analogue à celui qui occupe la région splénique de ce viscère chez le cheval, et il en est de même du quatrième estomac des ruminants, tandis que les trois premiers sont tapissés par un épiderme épais.

L'*alcool* introduit dans l'estomac disparaît vite ; aussi les troubles qu'il occasionne du côté du système nerveux sont-ils prompts à se manifester. Qui ne sait, en effet, avec quelle rapidité les personnes peu habituées à l'usage des boissons spiritueuses ressentent les effets d'une ivresse plus ou moins marquée ?

On fait avaler à une poule robuste, à trois reprises différentes et dans l'espace d'un quart d'heure, 20 grammes d'alcool étendu de son poids d'eau; après la troisième fois, la poule chancelle, puis tombe sur le flanc. Le tube digestif est aussitôt lavé avec soin ; les liquides réunis sont distillés, et la quantité d'alcool ne s'élève pas à 5 grammes. Dans l'espace de vingt minutes environ, les trois quarts de l'alcool ingéré avaient donc été absorbés (4).

Les boissons alcooliques, pures de tout mélange, ne subissent d'autre altération que d'être étendues par le suc et le mucus gastriques, la salive et les autres liquides de l'appareil digestif. C'est particulièrement dans l'estomac que l'absorption s'en effectue; celle-ci se continue dans le reste de l'intestin si la quantité d'alcool est considérable.

(1) MAGENDIE, *Précis de physiol.*, t. II, p. 140.
(2) EV. HOME, *Lectures on Comparative Anatomy*, etc., t. I, p. 224.
(3) Rapport sur un mémoire de BOULEY, lu à l'Acad. de méd. de Paris, dans *Bulletin de l'Acad.*, 22 juin 1852.
(4) BOUCHARDAT et SANDRAS, *De la digestion des boissons alcooliques*, dans *Archives d'anatomie et de physiologie*, 1846, p. 238.

Il résulte des expériences de Tiedemann et Gmelin (1) qu'en effet l'alcool n'est pas entièrement absorbé dans l'estomac du cheval ; car ce liquide, trois heures et demie après son ingestion, a été retrouvé en partie dans l'intestin grêle. Ce fait se concilie avec les précédentes remarques de Bouley.

Dans une série d'expériences faites sur divers animaux (chiens, poules, canards, etc.), Bouchardat et Sandras (2) disent avoir constaté que l'absorption des boissons alcooliques s'accomplit par les veines, et non par les vaisseaux chylifères : c'est ce qu'il nous faudra examiner plus tard. D'après ces mêmes expérimentateurs, l'alcool n'est pas non plus éliminé par les appareils sécréteurs, ainsi qu'ils rapportent l'avoir reconnu directement sur l'homme ; mais il se convertit en eau et en acide carbonique sous l'influence de l'oxygène incessamment introduit par la respiration, et une certaine proportion seulement est évaporée par les poumons. Aussi, lorsqu'on tue des animaux, même au milieu des phénomènes de l'ivresse alcoolique, trouve-t-on à peine des traces d'alcool dans leur sang.

II. L'absorption par la membrane muqueuse digestive ne se borne pas aux liquides, elle s'étend aussi aux *gaz* normalement contenus dans le canal alimentaire ou bien à certains produits gazeux que l'expérimentateur y introduit artificiellement. Quelquefois les gaz intestinaux peuvent être retenus et complétement emprisonnés par le sphincter de l'anus, qui s'oppose à leur expulsion : néanmoins, en pareil cas, ils disparaissent peu à peu, ce qui ne peut avoir lieu qu'autant qu'ils sont absorbés et probablement en partie dissous par les humeurs intestinales avec lesquelles ils passent dans les voies circulatoires. On connaît aussi ces expériences faites sur les animaux vivants, et dans lesquelles différents gaz injectés dans une anse intestinale et retenus au moyen de ligatures, ont disparu avec une assez grande rapidité ; ou bien encore celles qui, en quelques minutes, ont occasionné la mort par suite de l'introduction d'une certaine quantité de gaz hydrogène sulfuré dans les intestins.

III. Quant à diverses *substances solubles*, salines ou autres, mais non vénéneuses, aux *matières colorantes* ou *odorantes*, qui peuvent avoir été ingérées avec les aliments, sans que le travail digestif les ait modifiées, mais qui d'autrefois aussi ont été administrées dans des vues purement expérimentales, c'est évidemment surtout dans les produits des sécrétions qu'on doit chercher la preuve de leur absorption ou de leur passage dans le sang.

Ainsi, d'après Parmentier et Deyeux (3), le lait présente l'odeur du poireau, de l'ail et de l'oignon, trois jours après que les vaches ont été nourries avec les feuilles de ces plantes, et il devient rouge six jours après l'usage de la garance. Chez les femmes qui ont pris de l'absinthe ou de l'anis, il contracte la saveur de ces produits. Lorsque les vaches mangent des plantes contenant une substance analogue à l'indigo, comme l'*Anchusa officinalis*, l'*Equisetum arvense*, etc., leur lait conserve sa couleur naturelle immédiatement après la traite ; mais il devient bleu après la séparation de la crème, etc.

(1) *Recherches sur la route que prennent diverses substances pour passer de l'estomac et du canal intestinal dans le sang*, 1821. Trad. franç. de Heller.
(2) *Rec. cit.*, p. 236 et suiv.
(3) *Précis d'expér. et observ. sur les différentes espèces de laits*, p. 141.

La transpiration cutanée sert parfois aussi à éliminer de l'économie, indépendamment de l'eau, des substances odorantes ou colorantes que la muqueuse digestive y a introduites. Lorsqu'une personne a fait usage de valériane ou d'asa fœtida, par exemple, sa transpiration prend une odeur particulière ; et, dans quelques cas, on a observé des sueurs jaunes chez des malades qui avaient pris beaucoup de rhubarbe.

D'autres fois, chez des animaux nourris habituellement de substances qui renferment certains principes colorants ou odorants, on voit peu à peu les tissus eux mêmes s'imprégner de ces principes. Ainsi la *pétivère* pénètre le cuir et les chairs de quelques animaux de la Jamaïque d'une odeur et d'une saveur insupportables ; les oiseaux de marais, le cuir des vaches de la Norwége et le lard d'animaux de la Grande-Bretagne, exhalent l'odeur du poisson ; celle de la sauge se retrouve dans la chair du lapin, etc.

Quant à l'urine, il est surtout facile d'y reconnaître la présence d'éléments qui, absorbés dans le tube digestif, sont ensuite éliminés avec une rapidité parfois très grande. On peut citer, sous ce rapport, les expériences de Stehberger (1), faites sur un jeune homme atteint d'exstrophie de la vessie : la présence de la matière colorante de l'indigo fut reconnue dans l'urine au bout de 15 minutes ; celle de la garance, de la rhubarbe, du bois de Campêche, des baies d'airelle, après 20 à 45 minutes ; celle de la pulpe de casse, après 55 minutes ; celle des baies de sureau, après 75 minutes ; celle de l'acide gallique, après 20 minutes, et enfin celle de la busserole, après 45 minutes. Quant au cyanure de potassium et de fer, il n'arriva dans l'urine qu'au bout d'une heure. Ce dernier résultat diffère notablement de celui qui a été obtenu par Krimer (2) et Naveau (3) ; ces deux expérimentateurs ont en effet retrouvé le même sel dans l'urine après 14 minutes, et G. Wetzlar (4) déjà après 10 minutes.

D'autres physiologistes ont noté, dans l'urine, une odeur et une coloration variables, suivant les matières colorantes et odorantes introduites dans le tube digestif. D'après Tiedemann et Gmelin, la gomme-gutte et la rhubarbe, quand on les avale, donnent à l'urine une couleur jaune ; l'indigo, une couleur bleu-verdâtre. Suivant Gruithuisen, les betteraves communiquent à l'urine une couleur rouge : les baies d'airelle lui donnent une couleur rougeâtre (Wœhler) ; le bois de Campêche la rend rouge (Percival), etc. Rappelons aussi que l'essence de térébenthine, ingérée dans l'estomac, communique à l'urine une odeur de violette ; la valériane et le castoréum, une odeur de myrrhe ; la pensée, une odeur d'urine de chat ; les asperges, une odeur fort désagréable et bien connue de tout le monde.

Maintenant, si l'on veut rechercher les parties du tube digestif au niveau desquelles s'opèrent plus spécialement l'absorption des *sels solubles* et celle des *principes colorants* ou *odorants*, on trouve, surtout dans les nombreuses expériences instituées par Tiedemann et Gmelin (5), des documents propres à élucider cette question :

(1) *Zeitschrift für Physiologie*, etc., t. II, p. 49.
(2) *Physiol. Untersuchungen*, p. 9.
(3) *Experimenta quædam circa urinæ secretionem*, p. 12.
(4) *Op. cit.*
(5) *Recherches sur la route que prennent diverses substances pour passer de l'estomac et du canal intestinal dans le sang*. Paris. 1821. Trad. franç. de Heller.

Le prussiate de potasse, par exemple, a été retrouvé dans l'estomac et dans tou l'intestin grêle d'un chien une heure et demie après son ingestion, et, chez un autr chien, après quatre heures ; le sulfate de potasse, dans l'estomac et dans le tier supérieur seulement de l'intestin grêle d'un chien, après trois heures et demie l'hydrochlorate de baryte dans l'estomac et dans toute l'étendue du canal intestina d'un chien, trois heures après l'introduction. L'hydrochlorate de fer existait dans l tube digestif depuis l'estomac jusqu'au cæcum exclusivement, trois heures après il en était de même chez un cheval à qui l'on avait administré du sulfate de fer L'acétate de plomb, l'acétate de mercure, ont été reconnus, dans tout le canal intestinal, plusieurs heures après leur administration. Une grande partie des sel terreux et métalliques sont d'ailleurs rejetés avec les excréments.

Quant aux *principes odorants*, Tiedemann et Gmelin (1) ont reconnu l'odeur d camphre dans l'estomac d'un chien deux heures après son introduction ; cett odeur s'affaiblissait dans l'intestin grêle et avait disparu vers le milieu de cet intestin. Chez d'autres animaux, on a perçu l'odeur du camphre jusqu'au tiers inférieur, et même jusque vers la fin de l'intestin grêle. Le musc a été retrouvé dan l'estomac et la première moitié de l'intestin grêle, chez un chien, une heur après l'ingestion ; dans l'estomac et la première moitié de l'intestin grêle d'u cheval, après trois heures et demie ; les odeurs de la térébenthine, de l'ail et d l'asa fœtida ont été reconnues dans toute la longueur de l'intestin grêle après u temps qui a varié d'une heure à trois heures et demie. Les principes odorants semblent donc disparaître peu à peu, à mesure qu'ils avancent dans l'intestin grêle.

Pour ce qui concerne les *matières colorantes*, l'indigo a été retrouvé depuis l'estomac jusqu'au rectum ; le vert d'iris, jusque vers les dernières portions de l'intestin grêle, et la gomme-gutte également ; la garance, dans tout le canal intestinal, huit heures après son introduction ; la rhubarbe, dans tout le canal intestinal, après sept et même neuf heures ; l'orcanette et la teinture de tournesol, dan l'estomac et l'intestin grêle, après deux à trois heures et demie.

En définitive, si l'on tient compte de toutes ces expériences et de celles qui nous ont démontré l'apparition rapide de diverses substances dans l'urine, il sera permis de conclure, d'une part, que les sels solubles, les matières colorantes et odorantes sont absorbés peu de temps après leur ingestion, et que, d'autre part, cette absorption se continue, excepté pour les principes odorants, dans toute l'étendue du tube digestif, depuis l'estomac jusqu'au rectum.

IV. Si l'absorption intestinale complète la digestion, et si c'est sur elle que l'organisme fonde son principal moyen de réparation, c'est elle aussi qui offre à la thérapeutique le moyen le plus efficace et le plus usité de modifier l'état des organes malades, à l'aide de divers agents dont le sang peut devenir le véhicule. Chaque jour, en effet, cette espèce d'absorption est utilisée pour faire pénétrer les *médicaments* dans l'économie.

Parmi ces agents, les uns sont solubles dans l'eau et partant directement absorbables, tandis que les autres ne le deviennent qu'à l'aide des dissolvants que leur fournissent les humeurs organiques. Les premiers, selon Mialhe (2), s'absorbent d'une manière plus ou moins rapide, suivant qu'ils possèdent ou non la propriété

(1) *Mém. cit.*
(2) *Chimie appliquée à la physiologie et à la thérapeutique*, p. 200. Paris, 1856.

de coaguler l'albumine si abondamment répandue dans nos liquides et dans nos tissus : en présence de l'albumine, viennent-ils à former une combinaison solide, comme fait le sublimé corrosif, par exemple, ils n'entreront dans le domaine circulatoire qu'avec lenteur, au fur et à mesure que le coagulum produit sera repris molécule à molécule par les agents de dissolution que renferment nos humeurs ; tandis que, dans le cas contraire, l'absorption pourra s'accomplir avec une très grande rapidité. Quant à ceux des médicaments qui, insolubles dans l'eau, peuvent se dissoudre dans les humeurs organiques, il importe de rappeler à leur propos que ces dernières sont tantôt acides comme le suc gastrique, et tantôt alcalines comme le suc intestinal, qu'elles sont aussi le plus souvent riches en chlorures alcalins.

En effet, le suc gastrique acide transforme en sels solubles et rend absorbables les oxydes insolubles ou peu solubles, tels que la magnésie, la chaux, etc. Si l'oxyde n'a pas pu être dissous en totalité, la portion non dissoute parcourt toute l'étendue du canal intestinal pour être expulsée avec les fèces, ou bien elle peut s'arrêter dans ce trajet, se loger dans quelque repli de la muqueuse des voies digestives et y séjourner plus ou moins longtemps : c'est ainsi qu'avait dû se former une incrustation magnésienne trouvée dans l'estomac d'un goutteux qui avait fait un long usage de magnésie calcinée ; des entérolithes ont été rencontrés à la suite de l'administration de préparations de fer non solubles, etc.

Le suc intestinal alcalin rend solubles les résines, les huiles, le soufre, le phosphore, l'iode, etc. C'est à cette propriété que l'absorption de ces substances, et par suite leur action thérapeutique, ont été rapportées. De là, le précepte de ne jamais associer les résines ou les huiles avec les acides, ni même avec des substances organiques aisément acidifiables.

Quant aux chlorures alcalins, qui se rencontrent si abondamment dans la plupart des fluides de l'économie, ils dissolvent un grand nombre d'agents médicamenteux, spécialement les sels insolubles de plomb, de mercure, d'argent, etc. Mialhe (1), qui s'est beaucoup occupé de l'action des chlorures sur les mercuriaux, s'est appliqué à établir que c'est uniquement à sa transformation partielle en sublimé que le calomel doit son absorbabilité et toutes ses propriétés médicales. Il a fait voir comment l'addition des substances salées en rend l'action plus marquée et quelquefois dangereuse ; comment les grands mangeurs de sels, les habitants des côtes maritimes, les marins, ne peuvent prendre le calomel, aux doses ordinaires, sans ressentir très promptement les accidents mercuriels les plus prononcés, parce que leur économie sursaturée de chlorures facilite la transformation du calomel en une quantité notable de sublimé. Les préparations de plomb, d'argent, etc., sont de même converties en chlorures doubles solubles. Un fait clinique qui démontre, par exemple, que le nitrate d'argent passe à l'état de chloro-argentate alcalin, c'est que l'ingestion de ce composé salin, longtemps continuée, donne peu à peu à la peau une teinte brune ardoisé, presque indélébile ; couleur qui est précisément celle que prennent les membranes organiques, imprégnées de chlorure d'argent, quand elles ont été exposées à la lumière solaire.

(1) *Ouv. cit.*, 407. — Voir aussi ses *Recherches théoriques et pratiques sur les purgatifs*, mémoire lu à l'Acad. de méd. de Paris dans la séance du 11 avril 1848.

Il faut encore savoir que des médicaments, après avoir séjourné impunément dans l'organisme pendant un certain temps, peuvent occasionner tout à coup des accidents plus ou moins graves, alors que de nouveaux agents absorbés viennent à en modifier la composition chimique. Pendant assez longtemps, un malade a pris du protoxyde d'antimoine, et, quelques jours après, on lui administre de la limonade tartrique ; il survient des vomissements et de la diarrhée. Un individu affecté de dartres est soumis à un traitement dépuratif, ayant pour base le calomel ; après la cessation du traitement, on lui fait prendre de l'eau iodée, et bientôt se manifeste une salivation abondante produite par le bi-chlorure et le bi-iodure de mercure résultant de l'action de l'eau iodée sur le calomel, etc.

Des détails plus étendus sur ce sujet seraient du ressort de la thérapeutique.

V. Quant aux *poisons*, c'est un fait bien avéré que les accidents généraux et la mort, qui suivent un empoisonnement, sont toujours déterminés par la partie du toxique qui a pénétré, par absorption, dans le torrent circulatoire ; car la science n'en est plus au temps où l'on admettait que les poisons agissent en irritant les extrémités nerveuses des membranes avec lesquelles ils se trouvent en contact (*).

On est redevable à Orfila de cette remarque très intéressante pour l'histoire de l'absorption, à savoir, que l'économie animale n'absorbe qu'une quantité déterminée de certains toxiques, quelle que soit la dose à laquelle ils aient été pris ; il arrive un moment où il y a une sorte de saturation. Orfila a encore fait voir que le foie reçoit, le premier, à l'aide des veines intestinales qui forment la veine porte, la presque totalité de la substance vénéneuse, et que cette substance y séjourne plus longtemps que dans les autres viscères (1) ; circonstance qu'on a voulu expliquer par la circulation lente du sang au travers de cet organe.

Nous devrons revenir sur cette importante étude de l'absorption des poisons dans le chapitre consacré aux *agents de l'absorption*.

Ajoutons seulement que les *venins*, produits d'une sécrétion normale et propre à certaines espèces d'animaux, offrent en général cette particularité remarquable de pouvoir être mis impunément en contact avec la membrane muqueuse digestive, tandis qu'ils occasionnent les accidents souvent les plus redoutables s'ils sont absorbés par la muqueuse pulmonaire ou par des plaies. Le *curare*, ou suc concentré du *strychnos toxifera* (Rich. Schomburgk), est dans le même cas ; ce qui a fait supposer à divers auteurs que son action nuisible était due à du venin de Crotales qu'on aurait ajouté lors de la préparation (2). L'innocuité de ce poison végétal, quand il est introduit par l'estomac, ne saurait être rapportée à une transformation qu'opére-

(*) En parlant de l'*influence nerveuse sur l'absorption*, nous nous occuperons de la question de savoir si les poisons ingérés dans l'estomac, après la résection de la huitième paire (N. pneumo-gastrique), donnent lieu ou non à leurs effets ordinaires.

(1) Voir, à ce sujet, l'intéressante thèse d'ORFILA neveu, *Sur l'élimination des poisons*. Paris, 1852.

(2) Cette supposition est formellement contredite par ALEX. DE HUMBOLDT (*Ann. du Mus. d'hist. nat.*, t. XVI, p. 462) et par BOUSSINGAULT (*Comptes rendus des séances de l'Acad. des sc. de Paris*, t. XXXVIII, p. 414).

Consulter aussi ALVARO REYNOSO qui, sous le titre de *Recherches naturelles, chimiques et physiologiques sur le curare* (Paris, 1855), a publié la monographie la plus complète qu'on ait sur cette substance.

rait le suc gastrique (1); elle semble résulter simplement d'un défaut d'absorption par la muqueuse gastro-intestinale.

Quant aux *virus*, qui paraissent être le produit d'une sécrétion morbide accidentelle et qui, partant, se distinguent des venins par leur origine pathologique (virus morveux, syphilitique, varioleux, rabique, etc.). On sait que généralement aussi ils ne sont pas nuisibles quand on les ingère dans le tube digestif. C'est ainsi que des chiens, des porcs et des poules ont pu être nourris sans aucun inconvénient pour leur santé, avec des débris cadavériques *crus* et provenant d'animaux atteints de la morve, de la maladie charbonneuse dite *sang de rate*, de la rage, etc., quoi qu'on eût choisi ces débris dans les régions regardées comme les plus contaminées. Dans plusieurs de ses expériences, Renault (2), directeur de l'école d'Alfort, a alimenté des chiens avec de la chair préalablement arrosée de salive et de sang fournis par des chiens enragés vivants; aucun n'a été malade un seul instant et n'a éprouvé le moindre accident qui ressemblât à la rage. Le même expérimentateur, ayant préalablement constaté, par l'inoculation, la virulence des chairs et du sang pris sur des animaux qui venaient de succomber à des maladies charbonneuses, a fait manger ou boire, à l'état cru, ces chairs et ce sang à des chiens, à des porcs et à des poules qui, surveillés ensuite pendant longtemps, n'en ont pas ressenti la plus légère incommodité.

Cela veut-il dire que, comme nous l'avons vu pour le *curare*, la muqueuse digestive n'absorbe pas non plus les matières virulentes; d'où cette immunité, à l'égard de la contagion, dont jouiraient les animaux qu'on alimente avec ces matières? Il a pu sembler plus probable qu'ici les virus, qui sont des principes de nature animale, subissent de la part des sucs digestifs des modifications profondes et propres à leur faire perdre leur propriété contagieuse (*).

VI. De toutes les absorptions qui ont lieu à la surface muqueuse du tube digestif, évidemment il n'en est pas de plus importante que celle qui, s'accomplissant aux dépens des *matières alimentaires*, doit contribuer à la réparation, à l'entretien ou à l'accroissement de l'organisme. Le but final de la digestion est, en effet, l'introduction dans nos humeurs de diverses substances qui, pour pouvoir être assimilées, exigent d'abord une série de transformations dont l'étude nous a déjà longuement occupé (**).

A. Cette étude antérieure nous a d'abord appris que les *aliments* des animaux supérieurs et de l'homme, si divers qu'ils soient, peuvent se rapporter à trois groupes comprenant : 1° les matières albuminoïdes ou protéiques (albumine, fibrine, caséine, etc.); 2° les matières grasses (beurre, huiles fixes, graisses); 3° les matières saccharines, féculentes ou amyloïdes (sucres, amidon, etc.); elle nous

(1) Pelouze et Bernard, dans *Comptes rendus des séances de l'Acad. des sc. de Paris*, t. XXXI, p. 533.

(2) *Études expérimentales et pratiques sur les effets de l'ingestion des matières virulentes dans les voies digestives de l'homme et des animaux domestiques*, mémoire présenté à l'Académie des sciences de Paris dans la séance du 17 novembre 1851.

(*) Toutefois, d'après les expériences de Renault (*mém. cit.*), les matières virulentes de la morve et du farcin aigus, qui en effet perdent complétement leurs qualités contagieuses dans les voies digestives du chien, du porc et de la poule, les conserveraient, quoique sensiblement amoindries, dans les voies digestives du cheval.

(**) Voir le chapitre Digestion.

a aussi démontré qu'à ces trois groupes il faut adjoindre certains sels (chlorure de sodium, phosphate de chaux, etc.) qui, pour être empruntés au règne minéral, n'en sont pas moins indispensables à l'organisme ; elle nous a surtout dévoilé les changements spéciaux que doivent subir les divers aliments pour devenir *absorbables*. C'est ainsi que nous avons vu qu'en présence de la pepsine acidifiée tous les aliments albuminoïdes ou azotés donnent naissance à un produit unique, quoiqu'un peu diversifié dans ses réactions, et désigné sous le nom d'*albuminose* ou de *peptone;* que, pour remplir leur rôle spécial dans la nutrition des animaux, tous les aliments hydro-carbonés (fécule, sucres, etc.) subissent une transformation uniforme et se convertissent en *glycose* (*); qu'enfin, l'*émulsionnement* des substances grasses alimentaires, c'est-à-dire leur division en particules d'une finesse extrême, précède habituellement leur absorption.

C'est en effet sous ces états divers d'albuminose, de glycose et d'émulsion que pénètrent dans l'économie les précédentes espèces d'aliments, dont les uns sont considérés comme concourant plus spécialement à l'assimilation et les autres à l'entretien de la respiration.

Qu'il nous soit permis de rappeler, à propos de l'*albuminose* (ou produi liquide de la transformation de tout aliment albuminoïde), que, mêlée dans certaines proportions à la glycose, elle offre la curieuse propriété, signalée pa nous (1), de masquer à l'instant même et si bien la présence de ce dernie principe vis-à-vis du tartrate cupro-potassique, qu'on dirait plutôt une combinaison qu'un mélange ; ajoutons que l'albumine liquide, non digérée mais simplement dissoute, ne produit point le même effet. Or, des physiologistes ont avancé sans preuves expérimentales suffisantes, que l'albumine *liquide* est absorbée en nature ; que, quelles que soient les modifications moléculaires qu'éprouvent le matières albuminoïdes, en général, au moment de leur absorption, elles se reconstituent promptement à l'état d'*albumine ordinaire*, et qu'on les retrouve déjà comme telle dans la veine porte, au moment même de leur entrée dans le sang. Mes expériences, en prouvant que toute matière albuminoïde n'empêche les réaction habituelles de la glycose qu'à la condition d'avoir été transformée elle-même pa les sucs digestifs, démontrent l'inexactitude de la précédente assertion, puisque dans ces cas, les réactions ordinaires ont en effet manqué. Le contraire aurait dû avoir lieu si l'hypothèse en question eût été fondée. Qu'il s'agisse de matières albuminoïdes solides (albumine coagulée, fibrine, caséine, etc.) ou d'albumine liquide, nou croyons donc que toutes sont absorbées à l'état d'albuminose ou de peptone, éta qu'elles conservent durant un certain temps même en présence du liquide sanguin

Quant aux aliments féculents, il est assez généralement admis que la plus grand partie de la *glycose* qui en provient est absorbée sous cette forme, tandis qu'un faible partie seulement éprouve la fermentation lactique. Il est vrai que n'ayant pu constater que la présence de lactates et non celle de la glycose dans les voies d l'absorption chez des animaux nourris de matières féculentes, Lehmann (2) a ét amené à croire que la transformation ultérieure de la glycose en acide lactiqu

(*) La fermentation prolongée de la *glycose* elle-même, au contact des matières azotées, peu donner naissance dans l'intestin grêle à de l'*acide lactique* et à de l'*acide acétique*, puis à d l'*acide butyrique*, avec dégagement d'hydrogène et d'acide carbonique, gaz qui se rencontren parmi les produits gazeux de l'intestin.

(1) LONGET, *Nouvelles recherches relatives à l'action du suc gastrique sur les matière albuminoïdes* (*Ann. des sc. nat.*, 4e série, t. III, 1855).

(2) *Physiol. Chemie*, t. III, p. 341-344.

était la condition de l'absorption des féculents; mais les expériences si nombreuses et si bien instituées de F. G. de Becker (1) ne sauraient laisser subsister une pareille opinion, puisqu'elles démontrent que réellement la plus forte portion de la glycose formée pénètre, en nature, dans le système vasculaire.

Enfin, pour les matières grasses, la vérité est qu'après avoir été émulsionnées par les sucs digestifs (*), elles sont absorbées, en nature, et non transformées chimiquement comme on l'a prétendu. Aussi Bouchardat et Sandras (2) ont-ils retrouvé dans le chyle et reconnu, à tous leurs caractères, l'huile d'amandes douces, les graisses de mouton et de porc, chez les animaux auxquels ils avaient fait digérer ces substances qui, en effet, n'avaient point été décomposées; et J. Béclard (3) a retrouvé aussi les corps gras en nature dans le sang d'un grand nombre de chiens sacrifiés pendant la période digestive. Les recherches de Bidder et Schmidt (4) militent aussi contre l'hypothèse d'une modification chimique : car, en admettant que la propriété de dédoubler et d'acidifier les corps gras se constate hors de l'intestin avec le concours de certains fluides organiques, cette propriété ne saurait, d'après les expériences de ces auteurs, être mise en jeu chez l'animal vivant où elle est complétement annihilée par la réaction acide du chyme. L'opinion de Moleschott (5), qui suppose que la graisse serait absorbée à l'état de savon pour redevenir ensuite graisse neutre, ne peut donc être regardée que comme une hypothèse ingénieuse.

B. Les précédents produits de la digestion pénétrant dans l'organisme, sous les formes indiquées, à la fois par les veines intestinales et par les vaisseaux chylifères, il nous faudra bientôt, en nous occupant des voies ou des agents de l'absorption digestive, rechercher quels sont ceux de ces produits qui passent surtout par les chylifères et ceux qui s'engagent plus spécialement par les veines. Pour l'instant, bornons-nous à exposer les phénomènes les plus apparents de l'absorption intestinale; ils ont trait à ce qu'on a coutume d'appeler l'*absorption du chyle*.

Quand, par exemple, on sacrifie un chien trois ou quatre heures après son repas, et qu'on examine le mésentère et la muqueuse de l'intestin, on constate tout d'abord la présence d'innombrables arborisations blanches qui ne sont que les chylifères distendus par une liqueur émulsive (chyle); on est aussi frappé de la turgescence des ganglions mésentériques et de l'aspect des villosités intestinales qui sont blanches et gonflées par une matière laiteuse. Ces dernières, qui ont pris un volume au moins double de celui qu'elles offrent en dehors de la période digestive, ont été comparées pour leur aspect à une éponge fine imbibée de lait. La citerne sous-lombaire et le reste du canal thoracique, fortement dilatés, sont également remplis d'un liquide analogue à celui qui se trouve actuellement dans les chylifères. —Du reste, ce n'est pas seulement sur des animaux que ces observations ont été

(1) *Ueber das Verhalten des Zuckers beim thierischen Stoffwechsel* (*Zeitschrift für Zoologie, etc.*, de SIEBOLD et KÖLLIKER. Déc 1853).

(*) Du moins il en est ainsi chez les Mammifères. Dans les Oiseaux, les Reptiles et les Poissons, l'émulsionnement des graisses ne paraît pas précéder nécessairement leur absorption. Il est vrai que divers auteurs admettent, sans preuves directes, que chez ces vertébrés les matières grasses passeraient dans les veines où leur aspect émulsif serait masqué par le mélange avec le sang.

(2) *Recherches sur la digestion et l'assimilation des corps gras* (*Annuaire de thérapeutique pour* 1845, p. 238 et suiv.).

(3) *Traité élémentaire de physiologie*, p. 166, 2e édit. Paris, 1856.

(4) *Die Verdauungssaefte und der Stoffwechsel*. p. 228. Leipzig, 1852.

(5) *Physiologie des Stoffwechsels*. Erlangen, 1851, p. 207.

faites : depuis Aselli, Peiresc, Vesling, etc., elles ont pu être répétées sur l'homme lui-même, à la suite de divers genres de mort. Ainsi Cruikshank (1) rapporte que sur une femme morte à la suite de convulsions puerpérales, quelques heures après un repas, les vaisseaux lactés étaient gonflés d'un chyle blanc, que même plusieurs villosités en étaient également remplies et ressemblaient à autant de vésicules blanchâtres. Alex. Lauth (2) a vu aussi les villosités intestinales imprégnées de chyle sur le cadavre d'une femme morte deux heures après son repas, à la suite de la rupture d'un anévrysme de la crosse de l'aorte dans la trachée-artère : « Les tuniques intestinales, dit l'auteur, étaient couvertes de vaisseaux lactés remplis d'un chyle blanc jaunâtre. La tunique veloutée se trouva parsemée de villosités distendues de chyle, les unes isolées et les autres en groupe. » P. Bérard (3) a eu aussi deux fois l'occasion d'observer, sur l'homme, l'état turgide des villosités gonflées de chyle.

Quand, au contraire, on ouvre comparativement un animal (chien) ou un homme dont la digestion intestinale est entièrement achevée, l'aspect du système chylifère est bien différent : la turgescence des villosités a disparu, les ganglions mésentériques sont durs et revenus sur eux-mêmes ; les lymphatiques de l'intestin, rétrécis, contractés et ne renfermant plus qu'un liquide transparent (lymphe) analogue à celui qui circule dans les autres parties du système lymphatique, sont à peine apercevables sous la forme de filaments translucides ; enfin le canal thoracique, avec sa citerne lombaire, est sensiblement diminué de calibre et ne renferme plus qu'un liquide plus ou moins transparent.

Les différences sont très frappantes encore, quand, à l'exemple de Colin (4), on a pratiqué des fistules au canal thoracique vers son abouchement dans les veines sous-clavières ou jugulaires internes. Alors, sur les animaux dont la digestion est en pleine activité, et notamment sur les ruminants où cette fonction est à peu près continue, on voit des masses énormes de liquide lactescent s'écouler à l'extérieur (*) ; ce qui démontre que le sang est dans un état de mutation perpétuelle et qu'il se renouvelle incessamment et en grande partie avec les matériaux qu'apportent les lymphatiques de l'intestin (chyle), comme avec ceux que les lymphatiques généraux puisent dans le sein des divers organes (lymphe). Mais toujours est-il que, si l'écoulement du liquide par les fistules est continu, les quantités écoulées dans un même laps de temps sont notablement moindres pendant les intervalles des repas. Sur les animaux mis à la diète depuis plusieurs jours, l'écoulement peut même devenir relativement très minime.

De pareils faits, en démontrant la coïncidence de la réplétion du système chylifère et de la présence dans le tube digestif de matières susceptibles d'être absorbées, sont donc bien propres à établir qu'à chaque période digestive d'importants et nombreux matériaux s'introduisent dans les vaisseaux lymphatiques de l'intestin.

Ce n'est pas encore le lieu d'examiner la nature variée de ces matériaux ou la composition du chyle, ni de démontrer que la digestion introduit également quelqu

(1) *Anatomie des vaisseaux absorbants du corps humain*, p. 118. Trad. franç. de Petit-Rade Paris, 1787.

(2) *Essai sur les vaisseaux lymphatiques.* Strasbourg, 1824, p. 18.

(3) *Cours de physiologie*, t. II, p. 589. Paris, 1849.

(4) *Traité de physiologie comparée des animaux domestiques*, t. II, p. 100 et suiv. Pari 1856. — Et *Mémoire sur la formation du chyle*, lu à l'Académie de médecine de Paris dans l séance du 7 juillet 1857.

(*) Une vache donna ainsi, en vingt-quatre heures, 95,386 grammes de ce liquide, c'est-à-dir environ un hectolitre (*ouv. cit.*, t. II, p. 106).

chose dans les veines de l'intestin, et que, par conséquent, le contenu de ces vaisseaux, comme celui des chylifères, diffère chez l'animal qui est en pleine digestion et chez celui qui est à jeun; nous n'avons pas non plus à nous occuper ici de la question de savoir si ce qu'on est convenu d'appeler *chyle* est exclusivement absorbé par les lymphatiques de l'intestin, et si les voies chylifères peuvent être oblitérées sans que la mort survienne, ni à exposer avec détails le mécanisme de l'absorption du chyle. Toutes ces questions reviendront soit à propos de l'étude des agents de l'absorption, soit à propos de l'histoire détaillée du chyle lui-même. Pour le moment, nous le répétons, notre but a été seulement de mentionner, parmi les phénomènes de l'absorption intestinale, ceux qui attirent tout d'abord les regards de l'observateur.

Nous ajouterons maintenant quelques détails que l'œil peut apercevoir seulement quand il est aidé d'instruments grossissants. C'est surtout à Goodsir (1) qu'on doit des remarques nouvelles sur la disposition des villosités intestinales, en voie d'absorption chyleuse. Sur un chien, tué trois heures après son repas, les vaisseaux lactés, dit-il, sont gonflés et la muqueuse présente les villosités dans un état d'érection remarquable, mais dépouillées d'épithélium. Examinées avec un faible pouvoir grossissant, elles sont demi-transparentes, excepté à leur extrémité libre qui paraît blanche et opaque. Avec un plus fort grossissement, le sommet de chaque villosité se montre rempli d'un certain nombre de vésicules parfaitement sphériques et contenant une matière d'apparence laiteuse ou opaline. Le tronc lymphatique, qu'on peut aisément suivre jusqu'au centre de la villosité, se subdivise en approchant de la masse vésiculaire; mais, dans aucune circonstance, il n'est possible de poursuivre ses divisions jusqu'à une des vésicules sphériques. Quant à ces dernières, poussant au dehors la membrane d'enveloppe, au-dessous de laquelle elles sont groupées, elles donnent à l'extrémité libre de la villosité l'apparence d'une mûre.

Suivant le même observateur, au moment où le chyme commence à parcourir l'intestin grêle, une quantité plus grande de sang circule dans les capillaires, et, sous l'influence de ce plus grand afflux sanguin ou de quelque autre cause inconnue, la surface interne de l'intestin se dépouille de son épithélium qui est de deux sortes : l'épithélium qui couvre les villosités et celui qui double les follicules. Alors les villosités gonflées de sang, érigées et nues, s'imprègnent d'une matière d'aspect blanchâtre; puis les vésicules, dispersées parmi les divisions terminales des lymphatiques de ces villosités, grossissent en attirant dans leur cavité la même matière, jusqu'à ce qu'ayant atteint leur grosseur spécifique, elles se brisent ou se dissolvent. Leur contenu est alors transmis dans le tissu de la villosité elle-même, et partant dans le réseau de ses vaisseaux lactés. Tant que la cavité de l'intestin contient du chyme, les vésicules de l'extrémité terminale des villosités continuent à se développer, à absorber du chyle, à se briser, et leur contenu à être emporté dans les vaisseaux chylifères. Mais, quand une fois l'intestin ne renferme plus de chyme, l'afflux sanguin diminue, le développement des vésicules nouvelles cesse, les vaisseaux lactés se vident et les villosités s'aplatissent. Dès lors cesse aussi, d'après Goodsir, la fonction de ces appendices jusqu'à ce qu'elle soit réveillée par l'abord nouveau du chyme dans l'intestin. C'est dans les intervalles de la digestion que l'épithélium des villosités, qui avait été rejeté, se reproduit.

(1) *The Edinburgh New Philosophical Journal*, t. XXXIII, p. 165, 1842.

Nous avons dit précédemment que, d'après Gruby et Delafond (1), les villosités intestinales seraient recouvertes de deux espèces d'épithélium, dont l'une, signalée par ces micrographes, a été appelée *epithelium capitatum* ou *à tête*. Cet épithélium est disséminé à la surface des villosités, à des distances symétriques, et chacune de ses cellules est pourvue d'une cavité dont l'orifice externe est parfois béant, et parfois plus ou moins fermé. Suivant ces observateurs, le chyle est reçu à l'état brut dans les précédents orifices, pour être ultérieurement divisé, atténué et converti en chyle pur et homogène, qui pénètre seul dans l'ouverture profonde et effilée qui fait communiquer chaque cellule avec le vaisseau chylifère central de chaque villosité; quant à la portion de chyle brut, qui a résisté à l'atténuation, elle est rejetée au dehors.

En exposant le *mécanisme* de l'introduction du chyle dans les villosités intestinales, nous aurons occasion de revenir sur quelques-uns de ces détails et de dire notre sentiment sur les diverses théories qui ont été proposées.

On sait que l'absorption du chyle, qui commence environ deux heures après le repas et dure plus ou moins longtemps, a lieu principalement dans toute l'étendue de l'intestin grêle à partir du pylore; c'est par les lymphatiques de l'iléon qu'elle s'accomplit avec le plus d'activité.

Quant aux vaisseaux lymphatiques de l'estomac, ils paraissent n'absorber qu'un liquide incolore. Brodie, Fohmann, etc., et nous-même n'y avons jamais rien rencontré qui ressemblât à du chyle. Tiedemann les a trouvés pleins d'un liquide aqueux, semblable à du petit-lait, chez des chiens auxquels il avait donné du lait vingt-cinq minutes auparavant. Il faudrait donc regarder comme tout à fait exceptionnels les cas qui ont été rapportés par Haller (2) d'après d'autres auteurs, et dans lesquels du chyle blanc aurait été vu dans les lymphatiques de l'estomac. Alex. Lauth, à propos du cas cité plus haut (p. 322), dit aussi avoir rencontré, « dans la tunique interne de l'estomac, des radicules absorbantes qui contenaient un fluide blanchâtre et formaient de petits réseaux par leur entrelacement. »

Il ne nous répugne aucunement d'admettre qu'une partie du chyle, qui a pu échapper à l'absorption dans l'intestin grêle, soit absorbée dans le gros intestin. Haller (3) en a rapporté plusieurs exemples empruntés à divers observateurs. En voici d'autres plus récents dans lesquels les liquides à absorber furent introduits par l'anus : chez un chien, purgé avec de l'huile de croton-tiglium et soumis à une abstinence de deux jours, on injecta par le rectum, à plusieurs reprises, 120 grammes de lait. L'animal ayant été tué après la dernière injection, on trouva les lymphatiques du gros intestin distendus par un liquide blanchâtre; les ganglions mésentériques en étaient pénétrés, et le liquide du canal thoracique était d'un blanc mat. Sur un autre animal de la même espèce, auquel on avait injecté par la même voie du bouillon de viande chargé de matière grasse, les lymphatiques du gros intestin présentaient aussi un contenu d'une certaine opacité (4). Plusieurs fois, dans mes propres expériences sur des chiens, j'ai obtenu des résultats analogues que je me suis d'ailleurs expliqués par le pouvoir émulsionnant du suc intestinal.

(1) *Comptes rendus des séances de l'Acad. des sciences de Paris*, année 1843. Séance du 5 juin.
(2) *Biblioth. anatom.*, t. II, p. 86.
(3) *Elem. physiol.*, t. VII, p. 168.
(4) BOUISSON, *Études sur le chyle*. Paris, 1844.

Outre les membranes muqueuses qui tapissent les voies digestives et respiratoires, il en est d'autres qui, comme elles, possèdent aussi une faculté absorbante plus ou moins active : la conjonctive, la muqueuse génito-urinaire se rattachent particulièrement à ce groupe, dans lequel on pourrait encore comprendre la membrane amincie qui revêt le conduit auditif externe. En effet, quelques gouttes d'une solution de belladone ou d'atropine, appliquées sur la conjonctive, suffisent pour produire rapidement la dilatation de la pupille, et une minime quantité d'acide prussique, versée sur la conjonctive d'un animal vivant, donne lieu à des accidents redoutables suivis d'une mort prompte; du coton, imbibé de laudanum ou de chloroforme, qu'on introduit dans l'oreille, calme promptement certaines névralgies; le virus syphilitique n'est que trop souvent absorbé par la muqueuse des organes génitaux, soit que cette absorption s'effectue sans aucune solution de continuité ou bien au contraire qu'une ulcération spécifique en soit le point de départ obligé. On sait aussi que le sang des menstrues, retenu dans le vagin et la matrice, peut prendre, au bout d'un certain temps, beaucoup de consistance et diminuer notablement de quantité. Il est bien avéré, aujourd'hui, d'après les faits observés par Nægele, Salomon, Stoltz, etc., que le placenta abandonné dans l'utérus peut y être résorbé; Huzard (1) et Carus (2) ont même cité des cas dans lesquels des fœtus, assez développés et abandonnés dans la matrice, ont disparu complétement par résorption, les os exceptés.

ABSORPTION DANS LES RÉSERVOIRS DES GLANDES.

Sur le trajet de divers appareils sécréteurs, on rencontre des réservoirs de capacité variable dans lesquels s'accumule et séjourne le produit de la sécrétion. La plus simple observation permet de reconnaître que, par le fait seul de ce séjour plus ou moins prolongé, les liquides se concentrent, c'est-à-dire qu'une partie de leurs principes constitutifs est reprise par les voies de l'absorption : la bile cystique est plus amère, plus colorée, plus épaisse que la bile hépatique; l'urine, qui est restée dans la vessie, a une couleur plus foncée, une odeur plus forte que celle qui est expulsée peu de temps après son arrivée dans ce réservoir; le sperme acquiert dans les vésicules séminales une consistance et une viscosité plus ou moins grandes; les larmes, accumulées dans le sac lacrymal ou dans les tumeurs lacrymales commençantes et non accompagnées d'inflammation des parois du sac, deviennent aussi plus épaisses. Dans la grenouillette, affection qui reconnaît quelquefois pour cause une oblitération de l'orifice du conduit de la glande sous-maxillaire, le liquide accumulé dans le kyste a la consistance du blanc d'œuf, etc.

Plusieurs expériences pratiquées sur les animaux, des observations pathologiques très variées, démontrent bien qu'en effet les produits des sécrétions, accumulés dans leurs réservoirs, sont en grande partie résorbés.

Simon a vu, chez des pigeons, un dépôt de matière verte dans le cloaque, dix à vingt heures après la ligature des conduits biliaires; Tiedemann et Gmelin (3),

(1) *Mém. de l'Institut*, t. II, p. 295, 306.
(2) *Zur Lehre von Schwangerschaft*, etc., t. II, p. 18.
(3) *Rech. expérim. physiol. et chim. sur la digestion*. Trad. de Jourdan. Paris, 1827, t. II, p. 7, 12.

ayant lié le canal cholédoque sur des chiens, ont retrouvé, quelques jours après, des matériaux biliaires dans l'urine ; et, chez un de ces animaux, disent-ils, toutes les membranes muqueuses présentaient une coloration jaunâtre, le péritoine aussi contenait une sérosité d'un jaune rougeâtre foncé. On sait que, dans l'ictère, souvent dû chez l'homme à la présence de calculs dans le canal cholédoque (d'où accumulation de ce fluide dans la vésicule), le liquide sécrété par les membranes séreuses peut offrir également une teinte jaune : dans un cas cité par Braconnot (1), en effet, on y a constaté, par l'analyse chimique, la présence des matériaux de la bile. Fourcroy et Vauquelin, Nysten (2), Orfila et Braconnot (3), etc., ont fréquemment trouvé dans l'urine les principes constituants de la bile résorbée.

Lorsqu'il existe un obstacle à l'émission des urines, leurs matériaux peuvent être repris par résorption comme ceux de la bile, puis diversement éliminés : par le vomissement, par la peau, par le rectum, par les mamelles, par les organes salivaires, etc. On a rapporté, à ce sujet, diverses observations qui pourront ne pas paraître toujours bien concluantes.

Une malade, citée par Grégoire Horstius (4), était tourmentée par une rétention d'urine, à la suite d'une plaie dont la cicatrisation mal dirigée avait oblitéré le méat urinaire ; il y avait tous les jours des vomissements d'un liquide urineux. Stalpart Van Der Wiel (5) a rapporté l'histoire d'un vieillard atteint de la pierre, qui resta pendant seize jours sans uriner ; le patient vomit plusieurs fois une urine très salée. Marangoni (6), Mareschal (7), ont vu des faits semblables. Chez un malade observé par J. Zeviani (8), il y eut suppression de l'excrétion urinaire, à la suite d'une plaie des parties sexuelles : le corps devint le siége d'une infiltration générale et la transpiration prit une odeur urineuse ; il y eut aussi des vomissements de matières ayant cette même odeur. Un individu, atteint d'ischurie, rendit, par le rectum, un liquide ayant toutes les propriétés physiques de l'urine (9). Une fille âgée de quatorze ans, et n'ayant pas la moindre apparence de parties génitales, expulsait par les mamelles un liquide séreux qui remplaçait l'excrétion urinaire (10). Un jeune homme tourmenté de dysurie, rendit, par les organes salivaires et la bouche, un liquide qui, présentant toutes les qualités de l'urine, continua de couler pendant quatre jours (11). Boerhaave (12) a relaté l'observation d'un négociant qui s'abstint d'uriner pendant un jour et une nuit ; il succomba, et, à l'autopsie, on trouva dans les ventricules cérébraux un liquide semblable à de l'urine.

Des faits du même genre ont été aussi vus par Nysten (13). Une personne, âgée de vingt-six ans, offrait un défaut complet d'excrétion urinaire qu'accompagna bientôt une infiltration de l'abdomen et des membres inférieurs ; au bout de trois semaines, ces symptômes prirent un accroissement considérable, et, en même temps, eurent lieu des vomissements d'un liquide de couleur citrine dont la ma-

(1) *Journal de chim. méd.*, t. III, p. 480.
(2) *Recherches de physiol. et de chimie pathol.*, p. 261.
(3) *Journal de chim. méd.*, t. III, p. 480.
(4) Horstii *opera*, t. II, lib. XV, obs. 54, p. 257.
(5) *Observationes rariores medicæ, anatomicæ et chirurgicæ*, obs. 51. Leyde, 1687.
(6) *Mém. Acad.*, année 1715.
(7) *Journal de médecine* de A. Roux, t. XXX, p. 558, année 1769.
(8) *Memorie di matematica e fisica*, t. VI, p. 93. Veronæ, 1792.
(9) Pechlin, *Observationes physico-medicæ*, obs. 11, p. 23. Hamburgi, 1691.
(10) *Journal de médecine* de Vandermonde, t. VIII, p. 59, année 1758.
(11) *Actes de la Société littéraire d'Upsal*, 1737.
(12) *Prælectiones Academicæ*, Gottingæ, 1741, t. III, p. 315.
(13) *Recherches de physiol. et de chimie pathol.*, p. 278, 280. Paris, 1811.

lade rendit, un jour, plus de 20 litres! Le liquide vomi fut analysé par Nysten qui y constata la présence de l'urée. Chez une autre femme, âgée de quarante ans, le même observateur a retrouvé de l'urée, de l'acide urique et les sels de l'urine, dans les matières rendues par le vomissement, après une rétention d'urine causée par une chute. Toutefois, nous devons faire remarquer que cette dernière observation a été révoquée en doute par divers auteurs qui ont avancé que Nysten avait été le jouet d'une supercherie : la malade, dit-on, avalait ses urines.

Peut-on rapprocher de ces faits ceux dans lesquels les divers principes des matières fécales auraient été soumis à une résorption par suite du séjour prolongé de ces matières dans l'intestin? L'ancien *Journal de médecine* (1) rapporte des exemples de suppression partielle ou totale de l'excrétion stercorale ayant duré des mois, même des années, et accompagnée d'une transpiration abondante et fétide. Rullier (2) parle même d'un ecclésiastique qui n'allait jamais à la garde-robe ; le corps de ce malheureux exhalait une odeur repoussante et son linge était sans cesse teint en brun par le produit de la transpiration cutanée.

ABSORPTION DANS LES CAVITÉS SÉREUSES ET DANS D'AUTRES CAVITÉS CLOSES.

A la surface interne de toutes les *membranes séreuses* s'opère une sécrétion incessante dont le produit paraît destiné à favoriser le glissement des deux feuillets qui composent ces membranes. L'existence seule d'une pareille sécrétion démontre la nécessité d'une résorption correspondante, sans laquelle, après un certain temps, le liquide s'accumulerait en quantité trop considérable.

L'anatomie a consacré la division des membranes séreuses en plusieurs espèces : membranes séreuses splanchniques, membranes synoviales articulaires, bourses muqueuses des tendons, bourses muqueuses sous-cutanées. En ce qui concerne l'absorption, on peut rapprocher de ces cavités closes les aréoles du tissu cellulaire, les vésicules qui logent la graisse, les chambres de l'œil, etc.

Des expériences nombreuses sont venues démontrer que les membranes *séreuses splanchniques*, bien qu'elles soient peu vasculaires, ont la propriété d'absorber facilement diverses substances. Déjà Musgrave (3) avait observé que, quand on introduisait une quantité assez notable d'eau dans la plèvre d'un chien vivant, le liquide était bientôt absorbé après avoir déterminé une grande anxiété respiratoire. Nuck, Petit, Krazenstein (4), etc., ont injecté de l'eau dans le péritoine d'un chien ; ce liquide, dont la quantité s'élevait jusqu'à 6 onces, a disparu en quelques heures. Lebküchner (5) pousse, dans la cavité péritonéale d'un chat, $0^{gr},25$ de prussiate de potasse dissous dans 8 grammes d'eau ; au bout de six minutes, le sérum du sang contient un peu de ce sel et l'urine en renferme davantage. 45 grammes de bile de bœuf sont injectés dans la cavité péritonéale d'un autre chat ; douze minutes après, l'animal est tué et l'on trouve de la bile à la face externe du péritoine. Pour prouver la perméabilité des séreuses splanchniques, Lebküchner a encore institué l'expérience suivante : la cavité *droite* du thorax d'un lapin est ouverte entre la cin-

(1) *Journal de médecine* de VANDERMONDE, t. IV, p. 253 et 257, année 1756, et t. X, p. 510, année 1759.
(2) *Dict. des sc. méd.* en 60 vol. Art. INHALATION.
(3) *Philos. Transact.*, n° 240.
(4) HALLER, *ouv. cit.*, t. I, p. 552.
(5) *Dissert. lat. cit.* Tubingue, 1819.

quième et la sixième côte ; on y fait passer une dissolution de prussiate de potasse et l'on ferme la plaie. Trois minutes après, l'animal est mis à mort ; une goutte d'une dissolution de sulfate de fer est appliquée à la paroi *gauche* encore intacte du médiastin, et aussitôt on reconnaît manifestement la formation de bleu de Prusse. Du reste, sur des lapins, en injectant comparativement une solution de nitrate de strychnine dans une anse intestinale ou dans le péritoine, j'ai vu presque constamment les accidents tétaniques et la mort survenir plus vite dans ce dernier cas.

D'autres expériences, faites par Dupuytren (1), démontrent que le péritoine et la plèvre n'absorbent pas seulement les liquides, mais encore les gaz, et même, dit-on, certains corps solides, tels que des morceaux de viande, de poumon, de foie, etc. ; dernière assertion qui assurément avait besoin d'être appuyée sur des preuves plus convaincantes que n'en comporte la mention d'expériences sans détails. Depuis lors, des recherches analogues ont été entreprises par Michaëlis (de Prague), qui a prouvé qu'entre le mode de cette résorption et la digestion proprement dite il n'y a d'ailleurs aucune assimilation à établir, et qu'en pareil cas, après la résorption de toutes les parties liquides de la viande, il reste un noyau que l'analyse chimique démontre être un *savon soluble* qui se résorbe au fur et à mesure qu'il est transformé.

Il paraît, d'après des expériences de Babault, communiquées par Gerdy (2) à l'Académie de médecine de Paris, que l'iode injecté dans la *tunique vaginale* des chiens est facilement absorbé et peut déterminer quelquefois des accidents d'intotoxication.

Est-il besoin de rappeler ici, à propos de l'absorption dont les membranes séreuses sont le siége, ce que les médecins sont à même de constater tous les jours, c'est-à-dire la résorption plus ou moins rapide d'épanchements séreux ou sanguins par la plèvre, le péritoine, la tunique vaginale, ou par l'arachnoïde cérébrale elle-même ?

L'absorption dans les *synoviales articulaires*, dans les bourses muqueuses des tendons et les bourses muqueuses sous-cutanées, est aussi suffisamment prouvée par la disparition, spontanée ou aidée de topiques résolutifs, d'épanchements plus ou moins considérables qui existaient dans ces cavités.

On ne saurait non plus se refuser à admettre l'existence d'une absorption plus active encore dans le *tissu cellulaire*, quand on assiste à la disparition parfois si prompte d'épanchements de sérosité dans l'œdème, d'infiltration d'air dans l'emphysème, de suffusion de sang dans les contusions. A cette occasion, on peut rappeler que des substances salines, solubles, déposées dans le tissu cellulaire, se retrouvent très vite dans divers fluides sécrétés. Chaussier a aussi constaté, dans ses expériences, que l'on pouvait empoisonner des animaux en leur insufflant du gaz acide carbonique sous la peau ; il prétend également avoir vu disparaître, par résorption, un calcul urinaire qu'il avait introduit dans le tissu cellulaire sous-cutané d'un chien.

Dans les vésicules adipeuses, l'absorption de la *graisse* est bien remarquable par l'énergie avec laquelle elle s'accomplit dans quelques cas : qui n'a été frappé de la

(1) RULLIER, *loc. cit.*
(2) *Acad. de méd. de Paris*, séance du 16 décembre 1846.

disparition rapide de la graisse chez les individus qui ont subi d'abondantes évacuations, chez certains cholériques par exemple ? Cette espèce d'absorption (et il devait en être ainsi en pareil cas), se fait au contraire d'une manière très lente chez les animaux hibernants.

Quant à l'absorption qui s'effectue dans le globe de l'œil, elle est suffisamment démontrée par la disparition complète d'épanchements de sang ou de pus existant dans la chambre antérieure de cet organe (*).

AGENTS DE L'ABSORPTION.

Nous avons vu précédemment que, vers les degrés inférieurs de l'échelle zoologique, se rencontrent des animaux formés d'une substance plus ou moins homogène, dépourvus de vaisseaux comme de tube digestif, et recevant les matériaux de leur nutrition à la manière des plantes, c'est-à-dire par tous les points de leur surface et sans élaboration préalable; matériaux qui, de cette surface, pénètrent de proche en proche dans l'épaisseur du parenchyme organique, sans doute par imbibition et par endosmose. Là, disions-nous plus haut, aucune partie n'a encore de besoins propres et différents de ceux des autres parties, il y a diffusion dans tout l'animal des substances apportées du dehors et de celles qui doivent être excrétées; c'est seulement à mesure que des organes spéciaux se montrent et que les humeurs prennent des directions déterminées vers tel ou tel d'entre eux qu'on voit naître des *vaisseaux* qui, alors, sont à la fois les réceptacles des produits de l'absorption et les distributeurs de ces produits : du moment, par exemple, que l'absorption gazeuse se sépare de l'absorption liquide et alimentaire, des voies spéciales deviennent indispensables pour porter le produit de celle-ci des organes digestifs aux organes respiratoires. Or, ces voies spéciales, dont l'ensemble forme le système circulatoire ou vasculaire, se multiplient en raison de l'organisation plus ou moins parfaite de l'animal. C'est ainsi que dans beaucoup d'invertébrés, elles se montrent fort simples; que dans les mollusques, elles représentent déjà un appareil plus complexe, avec veines et artères distinctes, et qu'enfin, dans les animaux vertébrés, elles comprennent de plus un troisième ordre de vaisseaux désignés sous le nom de *vaisseaux lymphatiques*, et chargés, comme nous le verrons, de concourir avec les *veines* à l'accomplissement de l'absorption. Car, dans les organismes élevés, il ne suffit plus, comme dans les organismes inférieurs, que des parties ou des tissus quelconques s'imprègnent des fluides absorbables, il faut encore, pour que l'absorption se complète et qu'ultérieurement ces fluides puissent être utilisés ou rejetés au dehors, qu'ils soient portés par les courants sanguins ou lymphatiques vers les divers organes; alors seulement, à la faveur d'une circulation plus lente, ces organes sont appelés à y puiser les éléments de leur nutrition spéciale ou à en séparer ceux dont ils sont chargés de débarrasser l'économie; tout cela en vertu de leurs affinités différentes pour les éléments des fluides absorbés.

(*) En dehors de l'état physiologique, on voit aussi l'absorption s'opérer très activement sur des *surfaces accidentelles :* ainsi en est-il du derme dénudé par un vésicatoire ou par une brûlure; des plaies encore assez récentes ou même d'ulcères situés dans des régions très vasculaires; des cicatrices de nouvelle formation ; de l'intérieur des abcès, etc.

Quant à l'*absorption* dite *interstitielle* ou de nutrition, qui joue un si grand rôle en physiologie et même en pathologie, elle nous occupera seulement dans notre chapitre consacré à l'étude de la NUTRITION.

I. Hippocrate (1) enseigne qu'il se fait, à la surface extérieure du corps, une absorption aussi bien qu'une exhalation de vapeurs ou de fluides, et il soutient la même opinion relativement aux surfaces et aux cavités intérieures. Sa doctrine est résumée dans le passage suivant : « Les parties molles du corps attirent la matière à elles également du dedans comme du dehors, preuve que tout le corps exhale comme il absorbe. » Galien (2) parle aussi de l'absorption dans le corps humain et dit qu'elle s'opère par une *attraction*. Il emploie d'ailleurs cette même expression, quand il décrit « les *veines qui prennent les fluides.* »

Hippocrate et Galien, faisant intervenir ici les vaisseaux, départissent le pouvoir d'absorber plus spécialement aux veines. « Les *veines* de l'estomac et des intestins, dit Hippocrate (3), attirent la partie la plus claire et la plus liquide du boire et du manger; mais le plus épais reste et devient matière fécale dans les derniers des intestins. » Dans un autre passage (4), il recommande de se servir de vin acide, lorsqu'on s'est fait vomir, afin de forcer les orifices des veines à se fermer et ainsi de prévenir l'absorption ultérieure du vomitif. Galien (5) n'est pas moins explicite qu'Hippocrate, relativement au rôle qu'il attribue aux *veines* dans les phénomènes de l'absorption.

Veut-on maintenant la preuve que les Anciens reconnaissaient également aux *artères* le pouvoir d'absorber? Voici une citation de Galien (6) qui l'indique assez clairement : « Les artères, qui contiennent une vapeur, attirent dans leur diastole l'air et les parties les plus subtiles du sang; mais elles n'attirent pas tout à fait les liquides qu'on trouve dans l'estomac et les intestins, ou du moins elles n'en attirent qu'une petite quantité. »

Quant aux médecins Arabes, ils ont eu évidemment connaissance du pouvoir d'absorber inhérent au corps humain; car ils prescrivent souvent d'appliquer *sur la peau* des médicaments qui, suivant eux, doivent néanmoins agir comme expectorants sur les poumons, comme émétiques sur l'estomac, comme purgatifs sur les intestins, ou comme diurétiques sur les reins.

Quoi qu'il en soit, il ne paraît pas que les Anciens aient jamais cherché à démontrer *expérimentalement* la propriété qu'ils attribuaient aux veines d'exercer l'absorption. Swammerdam (7), un des premiers au XVII^e siècle, tenta quelques expériences directes : il intercepta le cours du sang revenant des intestins, en liant les veines mésentériques, puis ouvrit ces dernières, en examina le contenu et prétendit y avoir reconnu la présence de petites lignes blanches qu'il considéra comme du véritable chyle absorbé par les veines à la surface des intestins. Abraham Kaau Boerhaave (8), après avoir injecté une grande quantité d'eau dans l'estomac d'un chien mort, vit ce liquide revenir par les veines, en assez grande abondance pour entraîner tout le sang qu'elles contenaient et les laisser parfaitement blanches. D'après J.-F. Meckel (9), les veines s'ouvriraient sur les surfaces extérieure et profonde du corps : c'est en se fondant sur ces données, qu'il dit avoir injecté

(1) Επεδημιων, l. 6, c. 6. — Περι ἀρχων ἠ σαρκων, c. 12,
(2) Περι δυναμεων φυσικων, l. 3, c. 15.
(3) *Loc. cit.*
(4) Περι διαιτης, l. c. c. 14.
(5) Περι χρειας σφυγμων, c. 5.
(6) *Loc. cit.*
(7) *Not. ad prodr.* HORNII, p. 28.
(8) *Perspiratio dicta Hippocratis*, cap. 22, § 469 sq. Leyde, 1738.
(9) *Nova experim. et observ. de finibus venarum ac vasorum lymphat.*, etc. Berlin, 1771.

ces vaisseaux en distendant la cavité des vésicules séminales avec de la cire colorée, et être arrivé, en poussant de l'air ou de l'eau dans la vessie, à faire passer ces fluides dans les veines qui forment le plexus vésical et même jusque dans le tronc de la veine hypogastrique, etc. Il a aussi affirmé avoir vu des traces d'un fluide blanc dans les veines du mésentère d'un cadavre.

Kaau Boerhaave avait invoqué d'autres arguments en faveur de l'absorption veineuse : puisque le sang de la veine porte ne se coagule pas, il faut, disait-il, que ce liquide ait reçu quelque chose de l'intestin, et J. T. Walter (1) n'hésitait pas à admettre que la coagulabilité du sang de cette veine lui est enlevée par l'addition de la lymphe et du chyle. Une autre preuve de l'absorption par les veines, selon Kaau Boerhaave, se fonde sur la supériorité de volume et de capacité des veines mésentériques par rapport aux artères correspondantes : cet excès s'expliquerait à la condition d'admettre que les veines reçoivent autre chose que le sang apporté par les artères. Cette considération n'a pas paru d'un grand poids aux yeux de quelques physiologistes, et Haller (2), en particulier, s'est efforcé de démontrer que la différence entre la capacité des deux ordres de vaisseaux n'est pas plus sensible à l'intestin qu'ailleurs : il explique l'amplitude plus considérable des veines par leur plus grande extensibilité et par le ralentissement du cours du sang dans ces vaisseaux.

Depuis Harvey, tant que les physiologistes ne connurent qu'un seul ordre de vaisseaux efférents (les veines), ils ne soupçonnèrent pas que l'absorption pût se faire par une autre voie. La découverte des *vaisseaux chylifères* et du *système lymphatique* tout entier amena une révolution complète dans les idées généralement admises jusqu'alors.

On trouve, dans les auteurs anciens, quelques notions sur les vaisseaux lymphatiques du tube digestif. Dans un livre attribué à Hippocrate (3), il est question d'un sang blanc semblable à la pituite, et le père de la médecine, après avoir décrit les grandes veines, ajoute : « Il y a encore des veines qui naissent de l'estomac en grande quantité, de toutes manières, et par le moyen desquelles la nourriture arrive dans le corps. »

Aristote (4) parle aussi de canaux qui offrent un aspect un peu différent de celui des veines, et dont quelques-uns renferment une liqueur qui n'est autre que la lymphe.

Ce fut sur des chevreaux qu'Érasistrate (5) rencontra, durant la digestion, des vaisseaux pleins de chyle; mais il en méconnut la véritable nature et crut voir des artères vides. Hérophile (6) aperçut sur ces jeunes animaux, dans les mêmes conditions, des vaisseaux qui, partis de l'intestin, se rendaient aux glandes mésentériques pour s'y terminer, et Galien (7) signala, à son tour, la présence d'une *liqueur laiteuse* dans les vaisseaux du mésentère chez le chevreau.

En 1532, Nicolas Massa (8) vit, sur un cadavre humain, des canaux *particuliers* naissant des reins avec l'uretère ; mais il fit remarquer qu'ils ne sont pas toujours apparents. G. Fallope (9) observa quelques vaisseaux pleins d'une liqueur

(1) *Von der Einsaugung und der Durchkreuzung der Sehnerven.* Berlin, 1794, p. 38.
(2) *Elementa physiol.*, t. VII, p. 64.
(3) Περι αδηνων, c. 1, n° 13.
(4) Περι ζωων Ιστοριας, lib. III, c. 6.
(5) GALIEN. *An sanguis naturaliter in arteriis contineatur?* cap. V.
(6) GALIEN. *De usu partium*, lib. IV, c. 19.
(7) *An sanguis natur. in arter., contin.*, c. 5.
(8) *Introd. anat., seu dissect. corporis humani*, 1536. Venise.
(9) *Observationes anat.* Venise, 1561.

jaunâtre se rendant du foie au pancréas, ce qui fit supposer qu'il avait entrevu le plexus lymphatique entourant la veine porte. Eustachi (1) ne décrivit pas les vaisseaux lactés, mais il aperçut le *canal thoracique*, sur le cheval, et le prit à tort pour une des veines du thorax; aussi les anatomistes de son temps semblent-ils avoir fait peu de cas de cette découverte.

Dans le cours du XVII^e^ siècle, on vit les vivisections se multiplier d'une manière remarquable, et ce fut en 1622 que Gaspard Aselli (2), professeur à Pavie, eut la gloire de démontrer définitivement l'existence des vaisseaux lactés dans les circonstances suivantes :

Le 23 juillet de cette année, ainsi qu'il le rapporte lui-même dans l'historique qu'il a tracé de sa découverte, il disséquait un chien pour faire voir à quelques-uns de ses amis le trajet et la distribution des nerfs récurrents. Ce fut sur cet animal, tué par hasard au moment du travail de la digestion, qu'il aperçut, dans les replis du mésentère et sur les parois des intestins, un grand nombre de ramifications très ténues, d'une couleur blanche, et, au premier aspect, ressemblant à des filaments nerveux, mais qu'il en put aisément distinguer à l'aide d'une section transversale qui donna issue à un liquide analogue à du lait. Frappé d'une découverte aussi imprévue, Aselli s'empressa de la constater sous les yeux de ses auditeurs, parmi lesquels se trouvaient deux médecins célèbres, Alexandre Tadini et Louis Settala. Afin de donner à ce fait une démonstration complète, il répéta l'expérience sur un autre chien le 26 juillet, c'est-à-dire trois jours après sa première observation, et le résultat fut encore le même. Enfin les autres recherches qu'il fit successivement, et à la même époque, sur des agneaux, des chats, des vaches, des veaux, des porcs et des chevaux, vinrent pleinement confirmer sa découverte. Il fut dès lors démontré que ces vaisseaux sont particulièrement visibles quand l'intestin est encore rempli d'aliments, et qu'ils sont les conducteurs véritables du chyle qui y est contenu. Mais il restait à rechercher le mode de terminaison de ces vaisseaux : ici Aselli fut égaré par une opinion préconçue, et commit une grave erreur, en admettant que les chylifères de l'intestin se rendent dans le foie. Il mourut en 1626, avant d'avoir pu compléter ses recherches; l'ouvrage, dans lequel on trouve les détails relatifs à sa découverte, et qui ne parut qu'un an après sa mort, fut publié à Milan par ses deux amis Tadini et Settala.

La découverte d'Aselli fut loin d'être accueillie avec faveur. Hoffmann et G. Harvey (3) ne firent d'abord qu'en plaisanter; Riolan considéra comme des artères les nouveaux vaisseaux décrits par Aselli, et l'école de Montpellier, attachée aux idées de Galien, se refusa pendant longtemps à en admettre l'existence. Toutefois l'attention était éveillée sur ce point, et, dans l'espace de quelques années, de 1626 à 1632, les vaisseaux lactés furent de nouveau aperçus par Rolfink (4), A. Severin (5), Olaüs Worm, Fabrice de Hilden, etc. En 1634, Jean Vesling (6), qui fit de nombreuses recherches sur ce sujet, confirma les idées d'Aselli et donna même une figure des chylifères de l'homme. L'année suivante, Fournier prétendit avoir montré un réservoir du chyle, volumineux comme un œuf, et situé près du

(1) *Opuscula anatomica*, etc. Venise, 1564. — *De venâ sine pari.*

(2) *De lactibus sive lacteis venis.* Milan, 1627. — Ce travail a été réimprimé dans le t. II de la *Biblioth. anat.* de MANGET, p. 668. Genève, 1699, in-fol.

(3) *Exercitat. Anat. de motu cordis*, cap. XVI.

(4) *Dissertationes anatomicæ*, p. 909, in-4. Norimberg, 1656.

(5) *De novissime observatis abcessibus*, c. 8.

(6) *Epistol. posthum.*, p. 61, 64, 66, 67. Copenhague, 1664, ouv. édit. par TH. BARTHOLIN.

diaphragme ; cet anatomiste n'invoque, à la vérité, aucun témoignage à l'appui de sa découverte.

Il était réservé à Jean Pecquet (1) de découvrir, en 1647, la continuation des vaisseaux lactés avec le *canal thoracique*, et de démontrer, contre le sentiment d'Aselli, que les chylifères de l'intestin n'aboutissent pas au foie. Il reconnut aussi qu'à son *origine* ce canal présente des dimensions plus considérables qu'en aucun autre point de son trajet, et donna à cette portion le nom de *citerne* ou *réservoir du chyle*.

Trois années plus tard, selon le témoignage de Drelincourt, Olaüs Rudbeck (2), alors âgé de vingt ans, découvrit, à Leyde, les vaisseaux aqueux ou lymphatiques de différentes parties du corps, tout en recherchant le trajet et la terminaison des vaisseaux chylifères. Cette découverte, que divers auteurs ont voulu attribuer à Jolyffe, fut aussi revendiquée par Thomas Bartholin, et d'abord avec l'avantage facile que pouvait obtenir, en pareil cas, un professeur célèbre contre un simple étudiant ; mais la postérité, qui a reconnu à Bartholin tant d'autres titres de gloire, a fait justement honneur de celui-ci à Rudbeck.

On peut donc, dans l'histoire du système lymphatique, admettre trois périodes : celle d'Aselli ou de la découverte de l'origine des vaisseaux *chylifères ;* celle de Pecquet ou de la détermination du trajet de ces mêmes vaisseaux et de leur terminaison dans le *canal thoracique* ; enfin, celle de Rudbeck, qui représente cette importante période où furent démontrées l'existence des *lymphatiques* des autres parties du corps et leur identité avec les vaisseaux chylifères. C'est dans l'espace de trente années environ que la science s'enrichit de toutes ces notions qui devaient un jour donner une face nouvelle à la physiologie et à la pathologie.

A partir de cette époque jusqu'à nos jours, de nombreux et incessants travaux furent successivement entrepris sur le système lymphatique : c'est un devoir de rappeler ici les noms de Swammerdam (3), de Gér. Blaes (4), de Fréd. Ruysch (5), de Nuck (6), de J.-G. Duverney (7), de Monro (8), de J.-F. Meckel (9), de J.-H. Haase (10), des deux Hunter (11), de Hewson (12), de Cruikshank (13), de Sheldon (14), de Mascagni (15), de Lauth (16), de Fohmann (17), de

(1) *Exper. nova anat.*, etc. Paris, 1651. — Réimp. dans la *Biblioth. anat.* de MANGET.
(2) *Exercit. anat. exhibens ductus novos hepaticos aquosos et vasa glandularum serosa.* Leyde, 1654, in-12.
(3) *Commentarius in Syntagma anatomicum* JOH. VESLINGII, etc. 1659, Amsterdam.
(4) JOH. VESLINGII *Syntagma anatom. auctum*, etc. Utrecht, 1696.
(5) *Dilucidatio valvularum in vasis lymphaticis et lacteis. Accesserunt observ. anat. rariores.* La Haye, 1665, in-12.
(6) *Adenographia curiosa et uteri fœminei anatome nova. Accedit Epist. de inventis novis.* Leyde, 1692, in-8.
(7) *Descriptio vasorum chyliferorum*, 1728.
(8) *De venis lymphaticis valvulosis, et de earum imprimis origine.* Londres, 1757.
(9) *Diss. epist. ad Alb. de Haller, de vasis lymphaticis glandulisque conglobatis.* Berlin, 1757, in-8°. — Et dans ses *Opusc. anatom. de vasis lymphaticis.* Leipzig, 1770, in-8°.
(10) *Diss. de motu chyli et lymphæ glandulisque conglobatis.* Leipzig, 1778, in-4.
(11) *OEuvres complètes de* J. HUNTER, trad. par Richelot, t. IV, p. 401, 402, et *passim.*
(12) *Philos. Trans.*, 1768 et 1769.
(13) *Anatomie des vaisseaux absorbants*, traduct. de Petit-Radel. Paris, 1787.
(14) *The History of the Absorbent System.*, etc. Londres, 1784.
(15) *Vasorum lymphaticorum corporis humani historia et iconographia.* Sienne, 1787.
(16) *Essai sur les vaisseaux lymphatiques.* Strasbourg, 1824.
(17) *Saugadersystem der Wirbelthiere.* Heidelberg, 1827.

Rossi (1), de Panizza (2), de Treviranus (3), de Henle (4), de Cruveilhier (5), de Sappey (6), etc.

H. Carus (7) avait cru reconnaître les premiers rudiments du système lymphatique dans un appareil particulier de tubes aquifères découverts par Delle Chiaje chez les mollusques gastéropodes, et retrouvés depuis par Baër dans quelques bivalves, tels que la mulette, l'anodonte, etc. Mais ces organes doivent plutôt être considérés comme des espèces de trachées aquifères, c'est-à-dire comme des parties servant à la respiration.

Les véritables vaisseaux lymphatiques n'apparaissent que dans les animaux vertébrés.

Chez tous les *Poissons*, excepté dans le genre *Branchiostoma*, on a trouvé des vaisseaux lymphatiques. Les organes digestifs, les organes génitaux, la cavité orbitaire, la base des nageoires pectorales, les muscles du tronc voisins de la colonne vertébrale, sont surtout riches en vaisseaux de cet ordre; les vaisseaux sanguins et le cœur lui-même en sont entourés chez les esturgeons et les raies. Les lymphatiques commencent par des réseaux clos de toutes parts et offrant de petites dilatations celluliformes que tapisse une membrane interne lisse. C'est par erreur que Monro a avancé avoir vu, chez les raies, des orifices libres : une pareille disposition n'existe pas plus dans les poissons que dans les vertébrés supérieurs. Le plus souvent, on trouve deux gros troncs lymphatiques, qui, placés au-dessus ou à côté des vaisseaux sanguins, s'étendent sous la colonne vertébrale en suivant la longueur de la cavité abdominale. Ces troncs aboutissent à des veines qui correspondent aux sous-clavières ou aux jugulaires des animaux vertébrés supérieurs. On rencontre aussi d'autres troncs secondaires situés au-dessous de la ligne latérale, dans la gouttière existant entre les muscles latéraux : ils paraissent offrir des communications plus ou moins nombreuses avec les veines.

Il ne semble pas que le système lymphatique des poissons présente des ganglions analogues à ceux qu'on observe chez d'autres vertébrés. Toutefois on trouve, dans la cavité abdominale de beaucoup de ces animaux, au voisinage de la rate et du pylore, des corps blanchâtres qui contiennent une substance de couleur lactée et des granules microscopiques.

Dans les *Reptiles*, les vaisseaux lymphatiques, d'ailleurs très nombreux, offrent un calibre considérable et des dilatations sacciformes sur divers points de leur trajet. Ils constituent souvent une sorte de gaîne autour d'artères ou de veines plus ou moins volumineuses. On trouve, dans la salamandre en particulier, des réseaux et des sinus lymphatiques très développés sur le cloaque, le gros intestin et les côtés de la tête. Le canal thoracique, simple et large, se divise en deux plexus sous-maxillaires qui, recevant les lymphatiques des membres antérieurs et ceux de la tête, enveloppent les veines sous-clavières pour venir s'y aboucher. Chez les grenouilles, les plexus lymphatiques du cœur, des poumons et du cloaque sont très

(1) *Cenni sulla communicazione dei vasi linfatici colle vene*. Parme, 1825.
(2) *Sopra il sistema linfatico dei Rettili*. Pavie, 1833.
(3) *Beiträge*, etc., t. II, 1835, p. 104.
(4) *Anatomie générale*, traduct. franç. de Jourdan, t. II, p. 100 et suiv.
(5) *Anat. descript.*, t. III.
(6) *Anat. descriptive*, t. I, p. 586 et suiv. Paris, 1849-1856.
(7) *Anatomie comparée*, t. II.

développés ; une assez grande partie de la cavité abdominale est occupée par la citerne du chyle, elle-même très volumineuse. Dans les ophidiens, on rencontre deux canaux thoraciques, et tous les lymphatiques se jettent dans le plexus de la région cardiaque, qui communique en plusieurs points avec les troncs veineux antérieurs. Chez les chéloniens, où les troncs artériels sont enveloppés par les lymphatiques, il existe entre les poumons une grande citerne en communication avec les deux canaux thoraciques qui viennent se jeter dans les veines sous-clavières.

Mais, ce qu'il y a ici de plus important, même pour l'histoire du système lymphatique en général, c'est la découverte qu'en 1832 J. Müller (1) a faite (chez les grenouilles d'abord, puis chez les salamandres et les lézards) de *cœurs lymphatiques* pulsatiles. Ces organes, qui ont été aussi rencontrés dans les serpents et les crocodiles par Pannizza (2), représentent des sacs musculeux qui poussent la lymphe dans les principaux troncs antérieur et postérieur du système veineux. Chez les reptiles nus, il en existe quatre dont deux antérieurs et deux postérieurs. Leurs contractions, dont le nombre s'élève à environ soixante par minute, ne sont nullement isochrones à celles du cœur sanguin ; les divers cœurs lymphatiques du même animal ne battent pas non plus simultanément. Ils renferment tous une lymphe incolore que les postérieurs versent dans une branche de la veine ischiatique et les antérieurs dans une branche de la veine jugulaire.

Ces organes, qui ont une structure musculaire très évidente, possèdent des fibres musculaires striées et des valvules disposées de façon à empêcher le reflux de la lymphe dans ses vaisseaux propres.

Les vaisseaux lymphatiques des *Oiseaux*, décrits pour la première fois par Alex. Monro (3), J. Hunter (4) et Hewson (5), sont remarquables par la minceur de leurs parois et par la présence de valvules dans leur intérieur. Ils existent dans presque tous les points du corps, et forment souvent des lacis plexiformes considérables. De véritables ganglions lymphatiques n'existent que dans la moitié inférieure du cou, et à l'ouverture supérieure du thorax ; partout ailleurs ils sont remplacés par des plexus.

En général, les troncs lymphatiques sont accolés aux vaisseaux sanguins. Ceux des membres pelviens et de la moitié postérieure de la cavité viscérale se réunissent en un tronc situé au devant de l'aorte. Ce tronc lui-même se divise en deux canaux thoraciques, qui reçoivent les lymphatiques des poumons, des ailes, de la tête et du cou : chacun d'eux s'abouche dans la veine cave supérieure au-dessous du point d'insertion des veines jugulaires. Il existe encore d'autres abouchements des vaisseaux lymphatiques dans les veines. Des lymphatiques, en nombre plus ou moins considérable, et appartenant à la région caudale, se jettent, après s'être réunis en un ou plusieurs troncs, dans un sinus membraneux sacciforme qui parfois présente des parois musculeuses, et constitue alors une sorte de *cœur lymphatique* n'offrant que rarement des contractions rhythmiques.

(1) POGGENDORFF'S *Annalen*, 1832. — Et dans *Handbuch der Physiol. des Menschen*. Coblentz, 1833, Bd. I, p. 259.

(2) *Sopra il sistema linfatico dei rettili*, etc. Pavie, 1833.

(3) *Observations, Anatomical and Physiological*. Edinburgh, 1758.

(4) *Loc. cit.*

(5) *Experimental Inquiries into the Properties of the Blood, with an Appendix relating to the Lymphatic System in Birds, Fishes and Amphibious Animals*. Londres, 1771, in-12. — Et dans *Philos. Trans.*, 1768, p. 217.

Des cœurs lymphatiques ont été en effet observés chez l'autruche, le casoar, chez quelques échassiers et palmipèdes. Leurs parois, plus ou moins épaisses, sont constituées par des fibres striées. Ces organes sont situés dans le tissu graisseux, ou au-dessous du muscle caudal supérieur. Chez l'autruche, ils sont attachés aux os voisins par des languettes tendineuses, et à l'intérieur sont pourvus de colonnes charnues ou bien traversés par des cordages tendineux qui s'étendent d'une paroi à l'autre. Ils ont aussi des valvules qui mettent obstacle au retour de la lymphe dans les vaisseaux lymphatiques et dans l'organe lui-même.

Il n'existe pas de différence bien notable, quant à la distribution et à la structure, entre le système lymphatique des *Mammifères* et celui de l'homme. Mais ce système s'éloigne au contraire beaucoup de celui des classes précédentes, et l'on peut lui assigner pour caractères propres et essentiels : un plus grand développement des valvules ; la distinction des vaisseaux en deux couches, l'une superficielle et l'autre profonde ; un nombre considérable de ganglions ; enfin un nombre plus limité de communications avec le système sanguin, puisque ordinairement il n'y a qu'un seul tronc qui se jette dans la veine sous-clavière gauche, et un autre accessoire qui aboutit à la veine sous-clavière droite.

Chez les grands mammifères, on trouve, dans les parois des gros troncs lymphatiques, des fibres que divers anatomistes considèrent comme de nature musculeuse (1). On voit assez fréquemment, dans cette classe, les ganglions lymphatiques du mésentère réunis en une seule masse vers laquelle convergent tous les vaisseaux lymphatiques du canal intestinal. Dans les singes, au contraire, les ganglions mésentériques sont très dispersés, comme chez l'homme. Ces organes sont plus rapprochés chez les lémuriens ; il en est de même chez les insectivores carnassiers, comme la taupe, etc. Dans l'ours, le phalanger brun, ils forment un groupe unique ; dans la belette, il y en a deux groupes ; dans le chien, le chat, le lion, le dauphin, etc., il en existe un principal que l'on désigne sous le nom de *pancréas d'Aselli*, et d'autres qui sont accessoires ; dans les galéopithèques, les rongeurs, les pachydermes, les tardigrades, les ruminants, les glandes mésentériques sont séparées les unes des autres.

Ordinairement, le canal thoracique commence par une ampoule ou dilatation plus ou moins grande et irrégulière, dans laquelle se jettent les lymphatiques des extrémités inférieures et ceux des organes abdominaux. On voit souvent partir de cette ampoule (*citerne lombaire* de Pecquet) deux troncs distincts qui marchent sur les côtés de la colonne vertébrale, s'envoient des branches de communication et s'écartent l'un de l'autre en avant de la poitrine, pour se terminer dans les veines sous-clavières, après s'être séparés en un nombre variable de branches. Dans le *phoque* surtout, Knox (2) a reconnu l'existence de vaisseaux chylifères, dont les branches réunies en un tronc principal contribuaient à former un très large réservoir du chyle. Le conduit de Rosenthal (3) n'est autre chose qu'un canal sortant d'un amas de glandes mésentériques où se rendent d'abord des chylifères.

III. On sait que, dans l'opinion de beaucoup d'anciens anatomistes, les vaisseaux lymphatiques doivent ramener le *sérum* du sang exhalé par les extrémités arté-

(1) SHELDON, *The History of the Absorb. Syst.*, p. 26. London, 1784.
(2) *Edinb. Med. and Surg. Journal*, 4 July, 1824.
(3) FRORIEP'S *Notizen*, 1822, t. XXIII, p. 6.

rielles. Cette opinion se rapproche de celle de Cowper (1), Sénac (2), Cheselden (3), Ferrein (4), Magendie (5), etc., qui, ayant remarqué qu'une injection poussée par les artères revient quelquefois par les lymphatiques, n'hésitèrent pas à affirmer qu'il existe une communication entre les *lymphatiques* et les dernières ramifications des *artères*.

On peut adresser plusieurs objections à cette manière de voir : les vaisseaux lymphatiques ne charrient pas un liquide purement séreux, comme cela devrait être si le sang, arrivé au point de terminaison des artères, se divisait en deux colonnes, l'une séreuse pour les lymphatiques et l'autre sanguine pour les veines. Nous démontrerons en effet, plus tard, que le liquide renfermé dans les lymphatiques a des caractères spéciaux qui le différencient du sérum du sang. De nos jours, Panizza (6) a vainement essayé d'injecter les vaisseaux lymphatiques de l'intestin par les artères mésentériques, ou bien ceux du poumon, du rein et de la rate par les artères correspondantes; et plus récemment Sappey (7) n'a pas mieux réussi en étendant les mêmes recherches au foie, au testicule, à l'ovaire, à l'utérus, ainsi qu'aux membres, etc. Ces deux habiles anatomistes n'ont constaté le passage de la matière à injection d'un ordre de vaisseaux dans l'autre que dans le cas de rupture. J. Hunter (8) et Alex. Monro (9) étaient déjà arrivés, dans leurs expériences, au même résultat négatif. Ajoutons enfin qu'en introduisant la pointe d'un tube à injection dans un réseau lymphatique quelconque, on ne voit jamais le mercure s'introduire dans les capillaires artériels. Aussi nous semble-t-il difficile de croire qu'il existe une communication entre les lymphatiques à leur origine et les dernières ramifications des artères; les uns et les autres paraissent être indépendants.

Examinons maintenant si l'opinion, qui admet la continuation des lymphatiques avec les radicules des veines, est mieux fondée.

Fohmann (10), en ouvrant l'abdomen d'un suicidé, trouva, sur une portion de l'intestin grêle, les vaisseaux lactés gorgés de chyle. L'injection des artères vidait les chylifères, et, dans les plus petites veines, il y avait un suc semblable au chyle. Alex. Lauth (11) est porté à croire que, dans ce cas, le fluide a dû être versé dans les radicules veineuses par les lymphatiques. Fohmann (12), en injectant les réseaux lymphatiques du gros intestin des carnivores, remarqua que le mercure ne sortait des tuniques intestinales que par les vaisseaux obliques, très ténus, qui se rendent dans les ganglions lymphatiques situés au bord concave de l'intestin, et par *quelques rameaux veineux*. « Quoique Fohmann, dit Lauth (13), ne vît pas l'endroit où les lymphatiques entraient dans les veines, il crut n'en devoir pas moins admettre la réunion immédiate de ces deux ordres de vaisseaux. »

(1) *The Anatomy of Human Body; Introd.* — Et *Philos. Trans.*, 1696, t. IV, p. 81.
(2) Dans *Anat.* de HEISTER. Paris, 1735, p. 155.
(3) *Anatomy of the Human Body.*, chap. X. London, 1722.
(4) *Mém. de l'Acad. des sciences de Paris*, année 1741, p. 371.
(5) *Précis élém. de physiol.*, t. II, p. 194, 4e édit. Paris, 1836.
(6) *Osservazioni antropo-zootomico fisiologiche.* Pavie, 1830.
(7) *Anatomie descriptive*, t. I, p. 589.
(8) *Medical Commentaries*, by W. HUNTER. London, 1762.
(9) *De venis lymph. valvulosis, et de earum imprimis origine.* Londres, 1757.
(10) *Anatomische Untersuchungen über die Verbindung der Saugadern mit den Venen*, p. 28. Heidelberg, 1822.
(11) *Essai sur les vaisseaux lymphatiques*, thèse inaug., p. 21. Strasbourg, 1824.
(12) *Ouv. cit.*, p. 50.
(13) *Thèse cit.*, p. 22.

Enfin, sous le microscope, C.-F. Harless (1) affirme avoir vu, avec Mascagni des portions de peau et d'intestin qui présentaient l'aspect suivant : le mercure n'était pas seulement entré dans les plus petits rameaux lymphatiques qui, se terminant ou naissant dans des cellules ou des papilles, devenaient dan leur trajet de gros troncs lymphatiques, mais ce métal remplissait encore d'autre vaisseaux capillaires s'anastomosant distinctement avec des veines sanguines d'u plus gros diamètre.

Ces arguments paraîtront d'une assez mince valeur pour infirmer l'opinion pro fessée par tous les anatomistes les plus exacts de notre époque, qui assurent qu l'injection poussée par les lymphatiques ne passe dans les veines que dans le cas d rupture ; qu'on ne réussit jamais à injecter les chylifères par les veines mésarai ques ; que les injections, poussées par la veine porte et dirigées vers le foie, ne pé nètrent pas dans les lymphatiques de cet organe sans déchirure ; qu'on cherche va nement à injecter les lymphatiques des poumons par les veines pulmonaires, ceu du testicule par les veines spermatiques, ceux du rein et de la rate par leurs vein respectives, etc. — Les radicules lymphatiques et les radicules veineuses sembler donc également être indépendantes les unes des autres.

IV. Les auteurs qui suivirent Aselli, ignorant le mode d'origine des capillair lymphatiques, les faisaient naître par des extrémités libres ; aussi l'idée d'orifices s ces extrémités devait-elle naturellement se présenter à leur esprit. Admise dans principe par Aselli lui-même, Th. Bartholin, Rudbeck, cette idée a été, depui soutenue par Haase (2), par Lieberkühn (3), etc. Cruikshank (4) dit « que c orifices sont plongés dans les fluides et que les lymphatiques, qui naissent d l'intérieur des surfaces artérielles et veineuses, ont leurs orifices tellement organisé qu'ils peuvent absorber les fluides dans certaines circonstances, et se fermer d manière à ne rien recevoir dans d'autres (5). » Quant à Bichat (6), il s'expri avec une grande réserve sur l'origine des vaisseaux dits absorbants : il est difficil impossible même, suivant lui, de déterminer la manière dont ils naissent, l structure particulière qui les distingue à leur origine, etc. Aujourd'hui l anatomistes rejettent formellement l'existence d'ouvertures sur les parois d vaisseaux lymphatiques, ouvertures admises *à priori* par ceux qui, comparant c vaisseaux à des tubes capillaires, ont voulu assimiler l'absorption à un simp phénomène de capillarité.

Il résulte des recherches modernes, et surtout de celles de Fohmann (7), d Panizza (8), de Cruveilhier (9), de Sappey (10), que les lymphatiques n'ont pa à proprement parler, d'extrémités, et que partout ils forment des anses, d

(1) *Historich-physiologische Bemerkungen und neue Untersuchungen über den Blutumla in warmblütigen Thieren*, inséré dans les *Rheinische Jahrbücher für Med. und Chir.*, Bd. VI 2tes Stück, 1823.

(2) *De vasis cutis et intestinorum absorbentibus*, etc. Lipsiæ, 1786, ch. 2, p. 4.

(3) *De fabrica et actione villorum intestinorum*. Leyde, 1745.

(4) *Ouv. cit.*, p. 109.

(5) *Ouv. cit.*, p. 110.

(6) *Anat. génér*, t. II, p. 438, édition des *OEuvres complètes*, avec notes de Béclar Blandin, etc.

(7) *Saugadersystem der Wirbelthiere*. Heidelberg, 1827, in-fol.

(8) *Osservazioni antropo-zootomico-fisiologiche*. Pavie, 1830.

(9) *Anat. descript.*, t. III, p. 346. Paris, 1834.

(10) *Anat. descript*, t. I, p. 592.

anastomoses, des plexus, une trame réticulaire enfin, dans laquelle on n'aperçoit que des arcades et des polygones. En général, dans les membranes, les réseaux les plus fins sont les plus rapprochés de la surface et ceux qui offrent le plus de développement sont situés à une plus grande profondeur. Dans certains cas, les lymphatiques ont paru commencer par de petites cellules plus ou moins régulières et communiquant toutes entre elles: de quelques expériences qui lui sont propres, et de l'examen comparatif d'injections qui n'avaient pas toutes également réussi, J. Müller (1) conclut que les prétendus commencements celluliformes des lymphatiques ne sont pas de véritables vaisseaux lymphatiques, et il adopte l'opinion exprimée précédemment, c'est-à-dire que ces derniers à leur origine forment en général des réseaux.

En définitive, l'observation directe tend à établir (et il importe de le rappeler ici) que les réseaux lymphatiques superposés aux artères et aux veines sont non-seulement sans communication avec ces vaisseaux, mais aussi sans communication *directe* avec les liquides qui humectent les surfaces libres des membranes.

Les vaisseaux lymphatiques de la *peau* naissent surtout vers les points de cette membrane les plus éloignés du centre circulatoire: à la tête, ils partent principalement de la ligne médiane; aux membres, de l'extrémité terminale des doigts et des orteils; à la verge, du gland et du prépuce. Les réseaux offrent un développement considérable au crâne, au niveau de la suture bipariétale; aux doigts, sur les parties latérales des dernières phalanges, sur le derme de la plante des pieds et de la paume de la main, sur la partie médiane du scrotum (2). D'ailleurs on rencontre constamment deux réseaux, l'un superficiel ou sus-papillaire et l'autre profond ou sous-dermique.

Une disposition analogue se retrouve sur les *membranes muqueuses*, dont les divers points ne sont pourtant pas également riches en vaisseaux lymphatiques. Fohmann (3) surtout a très bien représenté ces derniers sur les muqueuses de l'intestin grêle, du gros intestin, de l'œsophage, de la trachée et du canal de l'urèthre. Sappey (4) n'a pas été moins heureux en injectant les réseaux de la muqueuse du vagin et du col de l'utérus, du cartilage dentaire du fœtus, de la muqueuse gingivale des adultes, de la muqueuse de la voûte palatine et du voile du palais ou de la membrane de la langue; mais il n'en a pas été de même pour les lymphatiques des muqueuses pulmonaire, nasale, palpébrale et oculaire. C'est en général au niveau des points de jonction des membranes muqueuses et de la peau, comme aux orifices du vagin, de l'anus et du nez, que les réseaux lymphatiques sont le plus développés.

Dans les *membranes séreuses*, les vaisseaux lymphatiques sont bien plus nombreux sur le feuillet viscéral que sur le feuillet pariétal où l'injection ne fournit que des résultats incomplets. Sappey (5) croit que, dans ce dernier point, les vaisseaux proviennent du feuillet fibreux subjacent, et il conclut, par analogie, que ceux qui existent sur le feuillet viscéral ont leur origine dans les organes que la séreuse

(1) *Manuel de physiologie*, traduct. de Jourdan, t. I, p. 202. Paris, 1851.
(2) SAPPEY, *ouv. cit.*, p. 592.
(3) *Mémoire sur les vaisseaux lymphatiques de la peau, des membranes muqueuses*, etc. 1833.
(4) *Loc. cit.*
(5) *Loc. cit.*

enveloppe. Les lymphatiques lui ont paru extrêmement rares sur les membranes synoviales : ce dernier résultat ne s'accorde guère avec l'assertion de Cruveilhier (1), qui avance que les synoviales s'injectent avec facilité, soit au voisinage des cartilages, soit sur les ligaments.

La membrane interne de tout le système vasculaire serait formée, d'après Breschet (2), d'un réseau de vaisseaux lymphatiques; et le microscope, dirigé sur des fragments de la membrane interne des vaisseaux sanguins, ne laisserait apercevoir que des réseaux canaliculo-vésiculaires, comme l'inspection anatomique le démontrerait aussi après qu'on les a injectés au mercure. Il y aurait deux ordres de vaisseaux, les uns à parois homogènes, les autres à parois composées par un lacis vasculaire. Breschet propose de désigner, sous le nom de *vaisseaux élémentaires*, le premier genre de ces vaisseaux. « Pour concevoir, dit-il, comment les vaisseaux élémentaires donnent naissance à la membrane commune du système vasculaire, et comment cette membrane se comporte avec les parties qui l'entourent, qu'on s'imagine une pelote formée d'un lacis lâche ou peu serré de ces vaisseaux : si l'on vient à enfoncer avec précaution dans ce peloton un corps dur, solide, mince, arrondi, pointu et de forme conique, on parviendra à l'y faire pénétrer sans produire aucune solution de continuité; l'instrument pourra se frayer une route à travers le peloton, en refoulant en quelque sorte, les unes contre les autres, les mailles qui le constituent. On viendrait ainsi à bout de former un canal dont les parois seraient composées d'un entassement de réseaux vasculaires élémentaires, tandis qu'au delà de ces parois ces mêmes réseaux seraient d'autant moins comprimés et moins serrés, qu'ils en seraient à une plus grande distance. Un canal formé de la sorte présenterait l'image de la tunique interne des artères, des veines et des vaisseaux lymphatiques, et également celle des vaisseaux capillaires sanguins et des lymphatiques à leurs dernières terminaisons dans les organes, où ils sont réduits à la seule membrane vasculaire dépourvue de ces capillaires. »

Mais les résultats qu'avait annoncés Breschet n'ont été confirmés ni par Cruveilhier (3), qui n'a pu injecter que partiellement le prétendu réseau lymphatique de la membrane interne des veines et des artères; ni par Sappey (4) qui, n'étant jamais parvenu à injecter des lymphatiques sur la tunique interne du système vasculaire, regarde comme appartenant aux lobules du foie, par exemple, les réseaux qu'on obtient en piquant un point quelconque de la surface des veines sus-hépatiques.

Tandis que Mascagni (5), Fohmann (6), Breschet (7), admettent que le *tissu cellulaire* est surtout riche en vaisseaux lymphatiques, nous voyons Cruveilhier considérer une pareille opinion seulement comme probable, et Sappey conclure de ses recherches que les lymphatiques n'existent point dans ce tissu.

Fohmann avait prétendu avoir trouvé, dans le tissu cellulaire sous-arachnoïdien, un réseau lymphatique qu'il considérait comme appartenant à la pie-mère et accompagnant les prolongements de cette membrane dans la masse cérébrale. Cette

(1) *Loc. cit.*
(2) *Dict. de médecine, ou Répert. gén. des sc. méd.*, t. XVIII, p. 296, 2e édit.
(3) *Loc. cit.*
(4) *Loc. cit.*
(5) *Vasorum lymphaticorum corporis humani historia et iconographia*. Sienne, 1787.
(6) *Ouv. cit.*
(7) *Le système lymphatique*, thèse de concours. Paris, 1836.

assertion a été contredite par les recherches plus récentes de Sappey, qui a cherché inutilement aussi les vaisseaux lymphatiques de la dure-mère et de la surface du cerveau.

Quant aux lymphatiques des *muscles*, ils ont été exactement décrits surtout par Mascagni, Fohmann, Sappey. Ceux des os ont été signalés par Cruikshank (1), et bien étudiés postérieurement par Bonamy (2), Gros (3) et encore par Sappey. Enfin, dans les *glandes* il existe, d'après ce dernier observateur (4), deux réseaux de lymphatiques, un réseau interne, central ou intralobulaire, qui naît sur les parois de la cavité creusée au centre de chacun des lobules; un réseau externe, périphérique ou circumlobulaire, qui en effet environne les lobules glanduleux. Ce second réseau échange, avec les réseaux correspondants des lobules voisins, des branches anastomotiques extrêmement multipliées, d'où il suit que le système lymphatique propre à chaque glande n'est en définitive qu'un vaste plexus dans les mailles duquel les lobules ou éléments sécréteurs se trouvent comme suspendus.

V. Sur le trajet des vaisseaux lymphatiques se rencontrent des corps glanduliformes qu'on désigne sous le nom de *ganglions lymphatiques.* Quelques anatomistes les considèrent comme formés uniquement de vaisseaux (Albinus, Ludwig, Monro, J.-F. Meckel, Wrisberg, etc.); d'autres les regardent comme étant de nature celluleuse (Malpighi, Brunner, Nuck, Cruikshank, etc.); d'autres, enfin, avec Mascagni, Sœmmerring, etc., se rattachant à une opinion mixte, trouvent dans les ganglions lymphatiques un élément vasculaire et un élément celluleux.

Alex. Lauth (5) dit qu'il a conservé une préparation démontrant que les glandes lymphatiques ne sont que des plexus vasculaires réunis par du tissu cellulaire : il s'agissait d'une glande parfaitement remplie de mercure, qui, avant l'injection, n'avait aucune apparence vasculaire, et qui, après cette injection, montrait manifestement un réseau de lymphatiques de diverses grandeurs repliés les uns sur les autres. Le même anatomiste fait observer que, si certains ganglions paraissent formés de cellules, cette apparence résulte d'une dilatation des lymphatiques en forme de chapelet, ou bien encore des coudes que forment les vaisseaux repliés sur eux-mêmes. D'autres observateurs admettent que les vaisseaux lymphatiques *afférents* se divisent, à leur entrée dans les ganglions, en branches, rameaux, ramuscules qui pénètrent de la périphérie vers le centre, en formant un pinceau de capillaires, et que les vaisseaux *efférents* naissent de l'intérieur de la glande par un pinceau de capillaires semblables, continus à leur origine avec la terminaison des précédents. Dans cette opinion, la structure celluleuse que présentent certains ganglions lymphatiques se rattacherait à un état pathologique : alors quelques-uns des capillaires du ganglion s'oblitèrent en divers points, se dilatent sur d'autres, et, ainsi modifiés dans leur structure, paraissent plus ou moins celluleux (6).

(1) *Ouv. cit.*, p. 378.
(2) BRESCHET, *loc. cit.*
(3) SAPPEY, *ouv. cit.*, p. 612.
(4) *Comptes rendus des séances de l'Acad. des sciences de Paris*, t. XXXIV, p. 986, 28 juin 1852.
(5) *Thèse cit.*, p. 28.
(6) SAPPEY, *ouv. cit.*, p. 630.

Diverses remarques tendent en effet à confirmer une pareille manière d'envisager la structure des ganglions lymphatiques. Chez l'embryon, on ne trouve que des lacis plexiformes dans lesquels il est impossible de révoquer en doute la continuité des vaisseaux. Chez les oiseaux, il n'existe de véritables ganglions lymphatiques qu'à la partie supérieure du thorax, et, dans le reste du corps, ils sont remplacés par des plexus considérables, dans lesquels les vaisseaux présentent des dilatations aux points de leur réunion ou de leur division : ce sont, nous l'avons dit, ces dilatations qui, au rapport de Lauth, ont été prises pour des cellules dans les ganglions où la structure n'était pas aussi distincte que chez les oiseaux. Pour J. Müller (1), qui admet que les vaisseaux lymphatiques afférents se partagent, au moment de leur entrée, en petites branches donnant naissance, par leur réunion, aux vaisseaux efférents, les uns et les autres s'anastomosent par l'intermédiaire des réseaux dont la glande est entièrement composée, et l'on peut faire passer du mercure des premiers dans les seconds à travers la glande. Tout en regardant les petites glandes lymphatiques comme de simples plexus vasculaires, Müller s'explique aussi l'apparence celluleuse des plus grosses par les dilatations que présentent des vaisseaux lymphatiques flexueux ; et, pour lui, « les glandes lymphatiques sont construites absolument comme les réseaux admirables amphicentriques, dans lesquels un vaisseau sanguin se résout en un grand nombre de tubes plus déliés, d'où ensuite se reproduit un nouveau tronc. »

Les ganglions lymphatiques reçoivent des artères formant quelquefois un tronc commun, qui entre par une de leurs extrémités et se ramifie ensuite dans toute leur épaisseur ; le plus souvent ces artères sont multiples et pénètrent par divers points du ganglion. Quant aux veines, elles partent des capillaires artériels, et sortent tantôt par les mêmes points qui donnent passage aux artères, tantôt par des points différents.

J.-F. Meckel, le père (2), en injectant un ganglion lymphatique lombaire, vit le mercure passer dans la veine cave inférieure, sans qu'il y eût, assure-t-il, aucune rupture produite, et dès lors il admit une communication des plus fines ramifications veineuses des ganglions avec les vaisseaux lymphatiques.

Le résultat obtenu par Meckel n'en fut pas moins attribué, par Hewson et Mascagni, à une rupture ; Haller partagea cette opinion, et Cruikshank (3) continua à affirmer que jamais il n'avait vu un vaisseau lymphatique communiquer avec d'autres veines que les sous-clavières et les jugulaires internes.

En 1820, Fohmann (4) publia de nouvelles observations sur une communication des vaisseaux lymphatiques avec les veines, autre que celle qui est établie par les canaux thoraciques. D'après cet anatomiste, le mercure injecté dans les vaisseaux entrants des diverses glandes en sort tantôt exclusivement par les lymphatiques, tantôt par les lymphatiques et les veines, ou bien d'autres fois par les veines seulement. Ces observations furent faites sur le chien, le chat sauvage ou domestique, le phoque, des chevaux et des vaches. Chez le chien, il n'y aurait, au rapport de Fohmann, aucune trace de vaisseaux lymphatiques efférents, dans les

(1) *Manuel de physiologie*, trad. de Jourdan, t. I, p. 206. Paris, 1851.
(2) *Nova experim. et observat. de finibus venarum ac vasor. lymphat.* Berol., 1772, § I p. 7 et suiv.
(3) *Anat. des vaisseaux absorbants*, trad. franç. de Petit-Radel, p. 200. Paris, 1787.
(4) *Salzburger med. chirurg. Zeitung*, Jahrg. 1820, Bd. II, p. 319 ; Bd. III, p. 175.

glanglions placés au bord concave du gros intestin, entre le foie et le duodénum. Chez plusieurs oiseaux, le même anatomiste assure avoir vu quelques rameaux lymphatiques s'unir aux veines sacrées et rénales. Le professeur Ehrmann (1), en injectant les lymphatiques du bras, a trouvé le mercure dans les veinules qui sortent des glandes de l'aisselle, et Alex. Lauth (2) a obtenu des résultats semblables sur les glandes de l'aine. Une fois, ayant injecté une de ces glandes, tout le mercure passa dans les veines, et la dissection la plus minutieuse ne put lui faire apercevoir de lymphatiques sortants. Sur deux pièces déposées dans le musée de la Faculté de Strasbourg, et sur lesquelles les vaisseaux lactés sont injectés, on a cru trouver des traces non équivoques du passage du mercure dans les veines mésaraïques.

Nous avons déjà rappelé que plusieurs anatomistes, et Mascagni (3) un des premiers, ont objecté que, quand le mercure passe ainsi dans les veines, il y a *toujours* des ruptures. Fohmann (4), voulant répondre à cette objection, fait observer qu'il a constamment usé de grandes précautions pour éviter pareil accident; qu'il a pratiqué ses injections immédiatement après la mort, ou du moins à une époque où il n'y avait encore aucun signe de putréfaction; que, s'il se forme un épanchement dans la glande, tout passage dans les lymphatiques sortants et dans les veines cesse aussitôt; qu'en admettant une rupture des tuniques vasculaires, on ne voit pas pourquoi le mercure ne sortirait pas aussi bien par les artères; qu'il y a des glandes sans lymphatiques efférents chez l'homme, le chien, le phoque (*); qu'enfin, sur des animaux récemment tués, on peut souvent distinguer, dans les rameaux veineux sortant des glandes, le même fluide que celui qui est contenu dans les lymphatiques entrants.

Schrœder van der Kolk (5) prétend aussi être parvenu à faire passer une injection des glandes lymphatiques dans les veines, sans qu'une seule goutte de mercure se soit engagée dans le canal thoracique. Giovanni Rossi (6) fit, de son côté, quelques expériences sur le cadavre d'un jeune homme dans le but de vérifier l'existence d'une communication directe des veinules avec les lymphatiques : après avoir d'abord lié le canal thoracique à 4 pouces au-dessous du diaphragme, il injecta avec le mercure les vaisseaux efférents des glandes inguinales du côté droit. Trois vaisseaux, en partie remplis de mercure et sortant des ganglions lombaires supérieurs, vinrent s'ouvrir l'un dans la veine cave, l'autre dans la veine rénale, le troisième encore dans la veine cave. Comme ces vaisseaux étaient complétement dépourvus de valvules, Rossi en conclut qu'il avait eu affaire à des veines et non à des lymphatiques. Dans une autre expérience, il injecta les lymphatiques du mésentère; les vaisseaux sortant des ganglions les plus gros s'ouvraient, après un court trajet, dans les principales ramifications de la veine porte, et ces vaisseaux

(1) LAUTH, *Essai sur les vaisseaux lymphatiques*, p. 35. Strasbourg, 1824.
(2) *Loc. cit.*
(3) *Vasorum lymph. hist.*, sect. 6, p. 32, 33.
(4) *Mém. cit.*, p. 75.

(*) Rosenthal (FRORIEP'S *Notizen*, etc., t. II, p. 5) a rectifié cette erreur de Fohmann : il a trouvé, chez le phoque, que tous les lymphatiques de l'intestin grêle se rendent au *pancréas d'Aselli*, mais que de celui-ci il ne sort qu'un seul gros tronc lymphatique (*ductus Rosenthalianus*); tandis que, d'après Rudolphi (*Physiol.*, t. II, part. 11, p. 241-250), le pancréas d'Aselli du chien fournit une multitude de vaisseaux efférents.

(5) LUCHTMANS, *De absorptionis sanæ et morbosæ discrimine*. Utrecht, 1829.
(6) *Annali univers. di med.*, janvier 1826.

étaient, comme dans l'expérience précédente, complétement dépourvus de valvules.

On sait que le système lymphatique se termine de la manière la plus apparente par deux troncs, le *canal thoracique* et la *grande veine lymphatique droite.* Plusieurs anatomistes, frappés de l'exiguïté de ces deux troncs comparée à l'ampleur de l'ensemble des vaisseaux lymphatiques, avaient cru que ces derniers communiquaient en outre avec les principales dépendances du système veineux : Wepfer (1) dit avoir vu des vaisseaux diaphanes, nés de l'utérus ou des ligaments larges, s'ouvrir dans la veine iliaque interne, et Hebenstreit (2), des lymphatiques s'ouvrir dans la veine azygos ; Nicolas Sténon (3) prétend en avoir conduit de la partie droite de la tête dans la veine axillaire et Nuck (4), avoir aperçu des lymphatiques du bras se rendant dans la veine sous-clavière ; Fréd. Ruysch (5) dit aussi qu'il a vu des vaisseaux lymphatiques du poumon venir aboutir aux veines sous-clavières et axillaires, etc.

Mais, d'un autre côté, Haller (6) affirme n'avoir jamais trouvé un seul vaisseau lymphatique qui se terminât dans une veine, et il rejette toute espèce de terminaison de ce genre ; il en est de même de Cruikshank (7) et de Mascagni, qui n'ont jamais vu de vaisseaux lymphatiques aboutir à d'autres veines qu'aux sous-clavières et aux jugulaires internes. Blandin (8) et Cruveilhier (9) ont aussi vainement cherché les communications indiquées par Lippi (10), de Florence, qui avait prétendu avoir découvert un grand nombre de communications directes entre les vaisseaux lymphatiques et la veine porte, la veine honteuse interne, les veines rénales, la veine cave ascendante et l'azygos. Lippi lui-même n'a pu parvenir à démontrer la réalité de ses assertions en présence de plusieurs habiles anatomistes.

La plupart des recherches ultérieures faites par Antommarchi (11), Panizza (12), Cruveilhier (13), Sappey (14), Lacauchie (15), etc., tendent à établir qu'il n'existe non plus aucune anastomose entre les lymphatiques et les veines *dans l'épaisseur des ganglions lymphatiques.* Aussi, dans l'état actuel de la science, n'admet-on généralement aucune communication entre le système lymphatique et le système veineux, que dans les points où le canal thoracique s'abouche dans la veine sous-clavière gauche, et la grande veine lymphatique dans la veine sous-clavière droite, au niveau de la réunion de ce dernier vaisseau avec la veine jugulaire interne.

Toutefois nous ne pouvons nous empêcher de faire remarquer ici, avec Sappey (16)

(1) *De dubiis anatomicis epistola qua objectiones nonnullas contra Bilsii doctrinam*, etc., 1664.
(2) *Programma de mediastino postico.* Leipzig, 1743, in-4.
(3) *Observat. anatom. de musculis et glandulis specimen*, etc. Copenhague, 1664, p. 38.
(4) *Adenographia*, etc.
(5) *De valvulis lymphatic.*, dans *Opera omnia.*
(6) *Elementa physiol.*, t. I, p. 179.
(7) *Ouv. cit.*, p. 200.
(8) *Anatomie générale de Bichat*, t. II, p. 455.
(9) *Anat. descript.*, t. III, p. 357.
(10) *Recherches physiol. et pathol. sur le système lymphatique chylifère.* Florence, 1825.
(11) *Acad. des sc. de Paris*, séance du 13 juillet 1829.
(12) *Memorie dell' I.-R. Istituto Lomb.*, 1841, t. I.
(13) *Anat. descript.*, t. III, p. 356, 1re édit., 1834.
(14) *Loc. cit.* p. 625. Paris, 1850.
(15) *Traité d'hydrotomie*, p. 80. Paris, 1853.
(16) SAPPEY, *loc. cit.*

que la continuité de quelques capillaires afférents avec les capillaires veineux, dans l'intérieur des glandes lymphatiques, est un de ces faits dont la physiologie réclame et attend avec une sorte d'impatience la démonstration. Bien établie, cette continuité pourrait en effet être invoquée pour expliquer : 1° le contraste qu'on observe entre le volume et la multitude des chylifères d'une part, et la petitesse du canal thoracique de l'autre ; 2° la persistance de la vie chez les individus affectés d'une oblitération plus ou moins ancienne de ce canal ; 3° le passage du chyle et de la lymphe dans les vaisseaux sanguins, lorsqu'un engorgement chronique ou une dégénérescence tuberculeuse s'est emparée des principaux ganglions du mésentère, ceux qui sont le plus rapprochés du tube intestinal suffisant pour ce passage, s'ils sont sains ou moins altérés ; 4° le défaut d'hydropisie générale ou partielle dans tous les engorgements de cette nature.

Malheureusement nos moyens d'injection sont encore trop imparfaits pour permettre d'arriver à la solution définitive de problèmes si délicats ; jusqu'à présent, il n'y a d'avéré que l'abouchement des principaux troncs lymphatiques dans le système veineux.

VI. Nous avons vu qu'avant la découverte des vaisseaux lymphatiques, on attribuait l'absorption aux veines, et que, plus tard, ce même acte fut attribué au système lymphatique à l'exclusion du système veineux. C'est surtout en Angleterre que la doctrine exagérée de l'*absorption par les seuls vaisseaux lymphatiques* fut développée et soutenue par les deux frères Hunter, Hewson, Cruikshank, etc. Voici comment s'exprime, à ce sujet, William Hunter (1) dans les leçons préliminaires de son cours d'anatomie :

« Je pense avoir prouvé que les vaisseaux lymphatiques, dans toutes les parties du corps, ne sont que des vaisseaux absorbants ; qu'ils sont de même nature que les vaisseaux lactés, et que ceux-ci tous ensemble constituent, avec le canal thoracique, un grand système général répandu par tout le corps et destiné à l'absorption ; que ce système *seul* a la faculté d'absorber à l'exclusion des veines sanguines, qu'il sert à pomper et à charrier, de la peau, des surfaces intestinales et de toutes les cavités ou superficies intérieures quelconques, tout ce qui doit former le sang ou ce qui doit être mêlé avec lui. Cette théorie a pris crédit de jour en jour, ici comme ailleurs, et à un tel point, que nous pouvons actuellement dire qu'elle est presque universellement adoptée ; et si nous ne nous laissons point aller à l'erreur, on s'accordera, lorsque le temps sera venu, à la regarder comme la plus grande découverte en physiologie et en pathologie, que l'anatomie ait suggérée depuis celle de la circulation. »

John Hunter (2), sous l'inspiration de son frère aîné William, fit une série d'expériences, dans le but de démontrer l'absorption par le système lymphatique, à l'exclusion des veines. Ces expériences seront rappelées ici avec quelques détails :

1° Sur un premier animal vivant (un chien), on ouvre l'abdomen, et l'on met ainsi largement à découvert le paquet intestinal. Les vaisseaux lactés sont manifestement distendus par un liquide blanchâtre (chyle) à la partie supérieure de l'intestin et du mésentère, tandis qu'un liquide transparent existe dans les vaisseaux lactés de

(1) CRUIKSHANK, *ouv. cit.*, Introduction, p. 12.
(2) *Medical Commentaries*, part. I, p. 39. — J. HUNTER, *Œuvres complètes*, traduction de Richelot, t. IV, p. 394.

l'iléon et du côlon. Une anse intestinale étant alors isolée du reste de l'intestin, par deux ligatures, l'artère et la veine mésentériques sont également liées, puis la veine est ouverte au-dessous de la ligature. On introduit dans l'anse intestinale une petite quantité de lait tiède : les vaisseaux lactés continuent à se remplir d'un liquide laiteux ou blanc. — La même expérience, pratiquée sur une partie de l'intestin dont les vaisseaux lactés étaient remplis d'un liquide transparent, montre bientôt, à la place de celui-ci, du lait facile à reconnaître à son aspect.

« Dans ces deux expériences, dit John Hunter (1), nous ne vîmes pas la moindre quantité de liquide blanc passer dans les veines. »

2° Une anse d'intestin est liée à ses deux bouts après qu'elle a été remplie de lait; mais cette fois aucune ligature n'est appliquée sur les vaisseaux mésentériques. On observe, à l'œil nu ou à la loupe, la couleur du sang dans la veine correspondante, et l'on ne remarque pas de coloration plus claire, ni d'aspect plus laiteux que dans les veines voisines.

La même expérience est répétée, en exerçant une pression continue sur l'anse intestinale, dans le but de favoriser le passage du lait dans les veines; mais celles-ci ne présentent encore aucune trace de liquide laiteux : cette pression, augmentée d'une manière graduelle, avait pourtant été continuée jusqu'à ce que l'intestin se rompît.

3° Les intestins d'un mouton vivant et *à jeun* étant mis à découvert, on n'aperçoit qu'un liquide aqueux et transparent dans les vaisseaux lactés. Une solution d'amidon teintée avec de l'indigo est versée dans l'intestin, puis ce dernier replacé dans l'abdomen. Au bout de quelques instants, on retire l'intestin, et les vaisseaux lactés sont remplis d'un liquide de couleur bleue. Quant au sang contenu dans les veines intestinales correspondantes, il ressemble en tout au liquide que renferment les autres veines.

On confirme ce dernier résultat, en retirant d'une veine une cuillerée à bouche de sang qu'on laisse se coaguler : le sérum, surnageant le caillot, ne présente pas en effet la plus légère nuance bleuâtre.

Chez un autre mouton, une anse intestinale, dont la cavité était entièrement vide, est remplie d'eau tiède : le sang de la veine mésentérique correspondante ne paraît ni plus délayé, ni plus clair que dans les autres veines. On lie l'artère mésentérique et l'on intercepte toutes ses communications; la veine ne se gonfle pas davantage et le sang qu'elle renferme ne devient pas plus aqueux. En un mot, ajoute John Hunter, il n'y a aucune apparence que l'eau ait passé dans les veines.

4° Sur un âne vivant, des expériences analogues aux précédentes donnèrent aussi des résultats confirmatifs : de l'eau tiède, tenant du musc en dissolution, est versée dans une anse d'intestin liée aux extrémités, et bientôt on recueille dans les vaisseaux lactés un liquide exhalant l'odeur de musc, qui ne se retrouve pas dans le sang d'une veine mésentérique. — Une solution d'amidon, rendue bleue par l'indigo, étant versée dans une anse intestinale, on lie d'abord l'artère et la veine mésentériques; puis la veine est ouverte près de la ligature, pour en exprimer le sang, et on la lie de nouveau quand elle est vide. Le tout est replacé dans la cavité abdominale; après un quart d'heure, les lymphatiques sont distendus par un liquide bleu et la veine est toujours vide.

Quoique, dans ces expériences, il y eût quelques résultats en apparence favo-

(1) *Ouv. cit.*, t. IV, p. 395.

rables à l'absorption exclusive par les lymphatiques, William Hunter, en désaccord avec des assertions antérieures, ne se montra pas aussi explicite que son frère dans ses conclusions, et, malgré sa tendance à nier l'absorption veineuse, il hésita encore à la rejeter d'une manière absolue.

« Mes seuls doutes, dit-il, furent si les veines absorbaient ou n'absorbaient pas au moins une certaine quantité de fluides, spécialement dans les intestins. D'après mon expérience dans les injections, j'aurais conclu qu'elles n'absorbaient pas, et que les fluides ne passaient pas des intestins dans les veines mésentériques, autrement que par transsudation ; mais des auteurs d'un grand crédit ont apporté des preuves établies sur des expériences si concluantes, que je n'oserais pas encore déterminer la question (1). »

Cruikshank (2), élève de W. Hunter, apporta moins de réserve que son maître dans l'exposé de ses doctrines sur l'absorption, en même temps qu'il mit une grande persévérance à répondre aux diverses objections de ses adversaires. Il rejeta d'une manière formelle l'absorption par les veines intestinales, en rappelant d'abord une expérience faite par Thomas Bartholin, et dont voici l'énoncé : « La ligature d'une branche de la veine mésentérique n'empêche point le chyle de parvenir aux vaisseaux lactés, qui insensiblement se tuméfient ; mais les vaisseaux lactés liés, le chyle s'arrête entièrement et ne s'avance plus du ventricule, des intestins ou des orifices lactés. » Cruikshank trouve d'ailleurs les expériences de John Hunter parfaitement concluantes, et rejette celles de Lieberkühn. Il n'admet pas, avec Boerhaave, que le sang de la veine porte soit incoagulable, et, pour lui, la capacité plus grande des veines est due à un effet cadavérique ; ces derniers vaisseaux contenant, après la mort, non-seulement leur quantité naturelle de sang, mais aussi celle qui était dans les artères. Il n'a jamais pu voir le moindre mélange de chyle, ou la moindre teinte blanchâtre dans le sang des veines mésentériques, « et cependant, ajoute-t-il, le mélange du chyle dans la veine sous-clavière gauche se découvre facilement. » Quant à l'assertion de Swammerdam et de J.-F. Meckel, qui disent avoir vu le sang rayé de traînées blanches dans les veines mésentériques, Cruikshank en est un peu embarrassé, et il avoue franchement son ignorance sur l'explication du phénomène. Nous avons parlé précédemment de l'expérience pratiquée par Kaau Boerhaave qui, ayant injecté de l'eau dans l'estomac et les intestins d'un chien, a vu revenir ce liquide par les veines ; pour Cruikshank, il ne s'agit là que d'une simple transsudation.

Les adversaires de la précédente doctrine font remarquer que le diamètre du canal thoracique, dans le milieu du dos, ne dépasse guère *une ligne*, d'après Haller (3), et que d'ailleurs ce canal transmet déjà le chyle et la lymphe de la portion sous-diaphragmatique du corps. Or, Boerhaave cite un homme qui buvait près de quinze litres de vin par jour ; Haller parle d'un malade qui prenait en très peu de temps trois litres et plus d'eau minérale, et chez lequel la totalité du liquide était bientôt après expulsée par les urines. Comment se rendre compte de ces faits en admettant que toute la boisson ait passé par le canal thoracique ? Quand bien même on admettrait que le liquide, introduit dans le système lymphatique, marchât aussi rapidement que dans les veines, le canal thoracique ne pourrait guère, dit-on, livrer passage à plus de 625 grammes de liquide par heure. A

(1) CRUIKSHANK, *ouv. cit.*, p. 46, trad. franç. de Petit-Radel.
(2) *Ouv. cit.*, p. 46.
(3) *Elementa physiologiæ*, t. VII, p. 66.

cela, Cruikshank répond que le diamètre du conduit thoracique, au milieu du dos, est souvent double de celui qui est indiqué par Haller ; que parfois il y a deux conduits thoraciques et que constamment il existe dans le médiastin antérieur un tronc lymphatique aussi volumineux que le canal thoracique lui-même.

Ruysch avait trouvé, chez des personnes âgées, les glandes lymphatiques du mésentère atrophiées et indurées, ce qui avait fourni un nouvel argument aux partisans de l'absorption veineuse. Comment, en effet, dans ces cas, concevoir une absorption supplémentaire par des agents autres que les veines, puisque le liquide pris par les lymphatiques rencontrerait sur son passage un obstacle insurmontable? Cruikshank ne se montra pas plus embarrassé de ce fait que de la plupart des précédents. On ne peut nier, dit-il, que les glandes lymphatiques soient quelquefois excessivement petites chez les vieillards, mais il ne s'ensuit pas qu'elles soient entièrement oblitérées ; les vaisseaux lactés sont parfois pleins de chyle chez les individus avancés en âge, et Haller (1) lui-même a rencontré le canal thoracique rempli de ce liquide, chez des vieillards qui avaient passé soixante-dix ans (*in senibus ductum thoracicum non raro chylo albo plenum reperiissem*) ; phénomène inexplicable dans l'hypothèse d'une oblitération complète des vaisseaux lactés, puisque les veines mésentériques ne se dégorgent point dans ce canal.

Si le canal thoracique est la seule voie par laquelle le chyle arrive dans le sang, comment les animaux peuvent-ils survivre à l'obstruction de ce canal, ainsi que l'ont démontré les expériences de Duverney et les faits observés sur l'homme par Th. Bartholin et Cheston ? Cruikshank répond encore que le canal thoracique est souvent double, et qu'alors il se jette d'une part dans la sous-clavière droite, et de l'autre dans la gauche ; qu'ignorant une pareille disposition, les anciens anatomistes ont dû se contenter de lier les veines sous-clavières et jugulaires gauches.

Enfin, le même auteur allègue aussi comme preuves de l'absorption par les lymphatiques, que toutes les fois que des fluides sont extravasés sur des surfaces ou dans des cavités, ou bien qu'ils sont accumulés dans leurs réservoirs, les lymphatiques qui en partent sont remplis de ces mêmes fluides. C'est ainsi que, chez des individus morts d'hémoptysie, il aurait vu les lymphatiques des poumons, qui dans d'autres circonstances contiennent un fluide transparent, être gonflés de sang absorbé dans les cellules aériennes ; les vaisseaux lymphatiques de la vésicule biliaire auraient été aussi trouvés pleins de bile, dans les cas où des calculs biliaires, arrêtés dans le conduit cholédoque, empêchaient la bile de s'écouler dans les intestins, etc.

Schreger (2), ayant rempli de lait tiède la vessie d'un chien, prétend avoir retrouvé plus tard ce liquide dans les vaisseaux lymphatiques, et non dans les veines de cet organe. Assalini (3), Saunders (4), Mascagni, etc., assurent aussi que les fluides accumulés dans les réservoirs des appareils sécréteurs peuvent être repris par les vaisseaux lymphatiques.

Aux yeux de divers observateurs, il a paru en être de même à la surface de la peau. Déjà Mascagni avait signalé, sur lui-même, un gonflement des glandes

(1) *Elementa physiologiæ*, tome VII, p. 67.
(2) *De functione placentæ uterinæ*. Erlangen, 1799, p. 19.
(3) *Essai médical sur les vaisseaux lymphatiques*, p. 41.
(4) VOIGTEL, *Handbuch der pathologischen Anatomie*, t. I, p. 510.

inguinales après une immersion de quelques heures dans un bain de pieds (1), et Collard de Martigny (2) a observé un pareil gonflement des glandes axillaires, en laissant ses mains plongées dans l'eau chaude pendant deux heures et demie. On dit que les frictions mercurielles prolongées finissent par rendre les ganglions lymphatiques plus rouges et plus gros du côté frictionné; la remarque en a été faite surtout par Autenrieth et Zeller (3).

Dans le but de démontrer que les vaisseaux chylifères peuvent absorber des substances étrangères en même temps que le chyle ou la lymphe, Martin Lister (4), déjà en 1682, injecta douze onces de teinture d'indigo dans une anse d'intestin grêle chez un chien *à jeun*. Au moment de l'expérience, dit-il, il n'y avait pas la moindre apparence de vaisseaux lactés dans le mésentère; mais, après trois heures, ceux-ci étaient gonflés d'un chyle épais et *bleu* qui s'écoula au dehors par l'incision des plus gros vaisseaux. W. Musgrave (5), ayant reproduit cette expérience l'année suivante, et noté avec soin la nature et l'aspect des vaisseaux chylifères avant et après la réplétion de l'anse intestinale par la teinture d'indigo, assure avoir constaté les mêmes faits. Haller (6) dit aussi avoir vu se vider des chylifères qui avaient admis certaines matières colorantes; nous avons déjà rappelé les expériences de John Hunter à ce sujet. Le chyle présentait une couleur jaunâtre ou rougeâtre chez des animaux que Viridet et Mattei (7) avaient nourris avec des jaunes d'œuf ou avec des betteraves rouges. Seiler et Ficinus (8) ont retrouvé dans le chyle la couleur de la garance et du curcuma; celle de l'indigo leur a paru moins facile à reconnaître. Enfin Schrœder van der Kolk (9), ayant rempli d'une solution de cyanure potassique une anse intestinale de chien vivant, a lié cette anse à ses deux extrémités, puis, l'ayant plongée dans une dissolution de sulfate de fer, il a vu la couleur bleue (bleu de Prusse) se manifester dans les lymphatiques de l'intestin et non dans les veines.

Chez un homme auquel on avait pratiqué une saignée du pied, un vaisseau lymphatique de cette région avait été ouvert accidentellement : Schreger (10), après avoir appliqué sur la plaie une ventouse sèche, plongea le pied soit dans de l'eau musquée, soit dans du lait, ou bien encore le frotta avec de l'essence de térébenthine. Après un certain temps, on reconnut l'odeur ou la couleur de ces substances dans la lymphe fournie par le vaisseau ouvert ; il n'en existait pas de traces dans le sang tiré d'une veine sous-cutanée voisine. Les membres d'un chien, après avoir été rasés, furent plongés, pendant plusieurs heures, dans une solution de nitrate de potasse; Schreger (11) retrouva ce sel dans la lymphe des membres et non dans le sang. Après avoir tenu les pattes d'une grenouille, pendant deux heures, dans une solution de cyanure de potassium, J. Müller (12) put aussi constater la présence de ce cyanure dans la lymphe.

(1) *Vasorum lymphat. corp. hum. hist. et iconogr.*, p. 23. Vienne, 1787.
(2) *Arch. gén. de méd.*, t. XI, p. 79.
(3) REIL'S *Archiv*, t. VIII, p. 220.
(4) *Philos. Transact.*, t. XIII, p. 6.
(5) *Philos. Transact.*, n° 275, octobre 1701, t. XII, p. 996.
(6) *Elem. physiol.*, t. VII, p. 227.
(7) *Tract. med. phys.*, *De prima coctione*, p. 280.
(8) *Zeitschrift für Natur Heilkunde*, t. II, p. 382-401.
(9) Cité par RICH. OWEN dans les œuvres de JOHN HUNTER, t. IV, p. 405; trad. franç. de Richelot.
(10) *De functione placentæ uterinæ*, Erlangen, 1799, p. 10.
(11) *Loc. cit.*, p. 16.
(12) *Manuel de Physiol.*, t. I, p. 212, trad. de Jourdan. Paris, 1851.

Avant de juger plusieurs des expériences qui précèdent, il importe pourtant qu'on sache aussi que des substances, appliquées sur la peau ou sur des membranes séreuses, ont été retrouvées à la fois dans le système lymphatique et dans le système veineux : c'est ce qui a eu lieu, au rapport de Seiler et Ficinus (1), pour des préparations saturnines employées en cataplasme sur la jambe d'un cheval, et pour le cyanure de potassium mis au contact de la peau d'un chien dans une expérience de Westrumb (2). D'autres fois même les matières avec lesquelles on avait expérimenté ont été retrouvées dans le sang *seulement;* et, parmi les expériences de Westrumb (3), il en est une qui, sous ce rapport, mérite d'être rappelée : un chien, dont les poils du train postérieur avaient été rasés, fut placé dans un bain (à 25 degrés centigrades) tenant en dissolution du cyanure de potassium; le sang de la veine cave donna à l'analyse du cyanure de potassium qu'on ne rencontra ni dans le chyle, ni dans les glandes inguinales. De leur côté, Ficinus et Seiler (4) obtinrent aussi les mêmes résultats.

D'après les expérimentateurs de la Société de Philadelphie (5), du cyanure de potassium, introduit dans les cavités séreuses du péritoine et de la plèvre, a été retrouvé dans le sang et dans le chyle. J. B. Lawrence et Coates (6), ayant injecté ce même sel dans le péritoine, l'ont retrouvé après deux à cinq minutes dans la partie supérieure du canal thoracique, et plus tard dans les veines.

De semblables résultats nous conduisent naturellement à parler de l'absorption par les veines, c'est-à-dire d'un des actes les plus importants que cet ordre de vaisseaux ait à accomplir.

VII. Nous nous bornerons d'abord à reproduire les faits qu'on a coutume d'invoquer pour établir la réalité de l'*absorption par les veines ;* puis nous tâcherons de préciser la valeur de plusieurs de ces faits, en revenant aussi sur quelques-unes des expériences citées précédemment à l'appui de la doctrine exclusive de l'absorption par les vaisseaux lymphatiques.

C'est seulement après cet exposé et après cette critique que s'offrira l'intéressant problème de savoir quels genres de produits, propres ou étrangers à l'organisme, s'engagent plus spécialement dans les veines, et quels autres passent surtout dans les lymphatiques.

Vers le milieu du siècle dernier, comme il a été dit plus haut, les deux Hunter et leur école étaient parvenus à rendre contestable le pouvoir absorbant des veines qu'avec Hippocrate et Galien toute l'antiquité attribuait déjà à ces vaisseaux, et que Swammerdam, Ruysch, Kaan Boerhaave, J. F. Meckel, Haller, J. T. Walter et tant d'autres s'étaient appliqués à démontrer à l'aide de l'expérimentation ou du raisonnement. C'est presque de nos jours qu'on a vu une réaction s'opérer en faveur des idées anciennes.

(1) *Zeitschrift fuer Natur und Heilkunde*, t. II, p. 363.

(2) *Physiol. Untersuch. ueber die Einsaugungskraft der Venen*, Hannover, 1825. — Voy. aussi MECKEL'S *Archiv*, t. VII.

(3) *Loc. cit.*, 11^e expérience.

(4) *Loc. cit.*

(5) *Philadelphia Journal of the Med. Sc.*, t. III, 1822.

(6) *An Account of Some Further Experiments to determine the Absorbing Power of the Veins and Lymphatics.* Dans *Philadelphia Journ. of the Med. Sc.*, août 1822.

En 1821 (à l'exemple de Brodie), Magendie et Delille (1), voulant déterminer si les lymphatiques constituent en effet la route unique que parcourent les substances étrangères pour arriver au système veineux, pratiquèrent la ligature du canal thoracique sur un chien et introduisirent une dissolution d'*upas-tieuté* dans le péritoine : comme dans les expériences antérieures de Brodie (2), avec le *woorara*, les effets du poison se montrèrent aussi rapides que dans les cas où le canal thoracique n'avait pas été lié. La même expérience fut répétée sur d'autres animaux en introduisant le poison dans la plèvre, l'estomac, les intestins, ou bien dans les muscles de la cuisse, et l'on obtint constamment les mêmes résultats.

Mais une objection se présente tout d'abord : n'y aurait-il pas, entre le système lymphatique et le système veineux, des communications autres que celle du canal thoracique avec la veine sous-clavière gauche? Les animaux soumis aux expériences n'étaient-ils pas, par exemple, dans la catégorie de ceux qui peuvent avoir un canal thoracique double, ou de gros troncs lymphatiques s'ouvrant isolément dans les deux veines sous-clavières?

C'est dans le but de répondre à ces objections que les expériences suivantes ont été instituées :

Chez un chien qui a fait un repas de viande, la paroi abdominale est incisée et une anse d'intestin grêle est attirée au dehors; puis deux ligatures y sont appliquées à quatre décimètres l'une de l'autre. Deux autres ligatures sont placées sur chacun des lymphatiques remplis de chyle, et ces vaisseaux coupés dans l'intervalle, de manière que toute communication soit interceptée entre les lymphatiques de l'intestin et le reste du corps. Des cinq artères et des cinq veines allant se rendre à l'anse intestinale, quatre vaisseaux de l'un et l'autre ordre sont liés et coupés, puis les extrémités de l'anse d'intestin sont séparées du reste du tube digestif. Enfin, dans la crainte qu'il n'existe quelques vaisseaux lymphatiques dans l'épaisseur des parois de l'artère et de la veine conservées libres, on en enlève la tunique celluleuse. Une dissolution d'*upas-tieuté* est alors injectée dans la cavité de l'intestin; après six minutes, les effets du poison deviennent apparents.

Chez un autre chien, assoupi par l'opium afin de lui éviter la douleur, l'une des cuisses est séparée de manière à ne plus communiquer avec le tronc que par l'artère et la veine crurales, dont on enlève encore la tunique celluleuse. Deux grains d'upas étant introduits dans la patte ainsi isolée, des accidents se manifestent promptement et le chien succombe au bout de dix minutes.

Afin qu'on n'objectât plus, dit l'expérimentateur (3), que, malgré les précautions prises, il pouvait rester des lymphatiques dans l'épaisseur des parois artérielles et veineuses, la dernière expérience fut modifiée de la manière suivante : un tuyau de plume étant introduit dans l'artère crurale et un autre dans la veine correspondante, chaque vaisseau fut reséqué circulairement sur ces canaux inertes. Du poison ayant été inséré dans la patte de l'animal, les effets n'en furent pas moins très appréciables au bout de quatre minutes (*).

Comme nous le prouverons plus loin, ces deux dernières expériences, tant de

(1) *Journal de Physiol. expérim.*, t. I, p. 18.
(2) *Philos. Transact.*, 1811.
(3) MAGENDIE, *Loc. cit.*

(*) Ces mêmes expériences ont révélé un fait qui mérite d'être rappelé : c'est que, extrait des animaux sur lesquels les strychnos amers, après avoir été absorbés, ont produit leur effet délétère, le sang ne peut produire à son tour aucun accident funeste quand il est injecté dans le système vasculaire d'autres animaux.

fois citées, sont absolument sans valeur dans la question qui nous occupe. Il e vrai que leur auteur, pour étayer la doctrine ancienne de l'absorption par les veine en a encore institué quelques autres :

Un chien avale quatre onces d'une décoction de rhubarbe ; la lymphe est extrai du canal thoracique une demi-heure après l'ingestion, et l'on n'y trouve pas vestig de cette substance dont la matière colorante est déjà passée dans l'urine. — On fa boire à un chien six onces d'une dissolution de prussiate de potasse : après u quart d'heure, ce sel, entraîné par les courants sanguins, est déjà dans l'urin tandis que la lymphe extraite du canal thoracique n'en renferme aucune trace. — On administre à un autre chien, par l'estomac, trois onces d'alcool étendu d'ea et, après quinze minutes, le sang exhale une odeur d'alcool qu'on ne peut constat dans la lymphe.

C'est aussi dans le but de donner appui à la précédente doctrine, que Ségalas (1 a varié comme il suit une des expériences relatées plus haut :

Une anse intestinale est isolée du reste de l'intestin par deux incisions; l artères et les veines mésentériques sont liées, tandis que les vaisseaux chylifère seuls restent libres. Une dissolution aqueuse d'extrait alcoolique de noix vomique es injectée dans l'anse intestinale, qui est aussitôt replacée dans l'abdomen. Au bo d'une heure, il n'y a aucun signe d'empoisonnement.

Il était permis d'objecter ici que la suspension du cours du sang dans l'in testin frappait cet organe de mort. Ségalas refait donc l'expérience en laissant libr une des artères mésentériques; mais, malgré cette précaution, il ne se manifest non plus aucun signe d'empoisonnement.

On pouvait encore dire que l'interception du cours du sang dans une veine quel conque détermine une stase sanguine qui empêche l'absorption. Pour préveni cette nouvelle objection, l'expérimentateur laisse cette fois la circulation libre dan une des artères et ouvre la veine correspondante : toujours même résultat négatif

Enfin une quatrième expérience est d'abord disposée comme la première, et i ne survient pas de phénomènes d'intoxication, quoique les chylifères soient intacts mais on la varie ensuite en déliant la veine, et l'empoisonnement se manifeste a bout de six minutes.

On peut d'ailleurs invoquer bien d'autres expériences que les précédentes pou établir que les veines remplissent un rôle des plus importants dans l'absorption, e que, dans un grand nombre de cas, l'introduction des substances absorbées dan le sang est beaucoup trop rapide pour qu'on l'explique par le cours de la lymphe ou par l'intervention des vaisseaux propres à ce fluide.

Westrumb (2), par exemple, après avoir injecté une solution de cyanure d potassium dans l'estomac, retrouve, au bout de *deux minutes*, ce sel dans l'urine, sans que la lymphe et le chyle en offrent la moindre trace : dans cette expérience, les uretères avaient été divisés, et l'on y avait fixé de petits tubes à l'aide desquel on pouvait recueillir l'urine.

C'est en ayant égard à l'abord plus ou moins rapide d'une substance, à propriété bien connues, dans tel ou tel compartiment du cœur, qu'on a cherché aussi à déterminer quels sont les agents vasculaires de l'absorption à la surface de la muqueuse pulmonaire. Ainsi, quand cette substance apparaît dans le cœur gauche et le sang

(1) *Journal de Physiol. expérim.*, t. II, p. 120.
(2) MECKEL's *Archiv*, t. VII, p. 525-540.

artériel avant de manifester sa présence dans le cœur droit et le sang veineux, on en conclut que ce sont les veines pulmonaires qui ont été les agents de l'absorption. —Lebküchner (1) injecte, dans la trachée-artère d'un chat, du prussiate de potasse dissous dans vingt parties d'eau : après deux minutes, on constate la présence du prussiate dans le sérum du sang artériel, mais il n'y en a aucune trace dans le chyle ou le canal thoracique ni dans le sérum du sang veineux. —Une dissolution de sulfate de fer est introduite dans les bronches de deux chats : six minutes après, le sérum du sang de la carotide renferme ce sel, qui n'existe pas dans la veine jugulaire. — On injecte, dans la trachée d'un chat, deux grammes et demi de nitrate de potasse dissous dans seize grammes d'eau : l'animal meurt avec des convulsions au bout de deux minutes ; du papier est trempé dans le sang de l'aorte descendante, on le fait sécher, et il brûle avec une légère décrépitation. Un autre papier, imbibé du sang de la veine jugulaire et également desséché, ne présente rien de semblable. — De l'huile de térébenthine et de l'huile d'olive sont injectées dans la trachée-artère d'un renard : l'animal succombe rapidement ; on constate l'odeur de térébenthine dans le sang artériel, et l'absence d'odeur semblable dans le sang veineux.

Fodera (2), Westrumb (3), Lawrence et Coates (4) sont arrivés à des résultats analogues aux précédents.

Panizza (5) incise la trachée à des agneaux et y introduit graduellement une solution de prussiate de potasse. La poitrine étant ouverte, on démontre la présence de ce sel dans les veines pulmonaires et l'oreillette gauche du cœur ; mais on ne peut en retrouver le moindre vestige ni dans le fluide extrait des glandes et des vaisseaux lymphatiques du poumon, ni dans le sang de la veine cave descendante.

Enfin nous nous bornerons à faire observer que c'est aussi une excellente preuve de l'absorption par les veines que la présence de la glycose dans le sang de la veine porte, démontrée par Tiedemann et Gmelin, Bouchardat et Sandras, etc., chez des animaux nourris de principes féculents ou sucrés.

Le précédent exposé milite évidemment en faveur de l'opinion qui regarde les veines intestinales et les veines pulmonaires comme des voies importantes, mais non exclusives, pour l'absorption qui s'opère à la surface de la muqueuse digestive et de la muqueuse respiratoire. Quant à ce qui concerne cette dernière membrane en particulier, si l'absorption des substances étrangères s'y accomplissait surtout par les vaisseaux lymphatiques, assurément ce ne serait pas dans les cavités gauches du cœur qu'on rencontrerait d'abord ces substances, mais bien dans les cavités droites de cet organe, puisqu'elles sont les premières à recevoir le contenu des vaisseaux lymphatiques qui s'est d'abord mêlé au sang veineux.

Est-il besoin d'ajouter que d'ailleurs l'absorption veineuse peut même s'opérer *seule* chez les animaux invertébrés qui, quoique munis d'un appareil circulatoire, sont dépourvus de vaisseaux lymphatiques, et qu'il paraît en être encore ainsi pour certaines parties des animaux supérieurs, telles que les cavités de l'œil, l'arachnoïde, la substance cérébrale, etc., où l'existence de cet ordre de vaisseaux est très problématique?

(1) *Thèse lat. cit.* Tubingue, 1819.
(2) *Recherches sur l'absorption*, p. 64.
(3) *Physiologische Untersuchungen*, etc., p. 40.
(4) *Mém. cit.*
(5) *Memorie dell' I. R. Instituto Lomb.*, 1841, t. I, et *Arch. génér. de méd.*, 4e série, t. II, p. 86, 1843.

Si, d'après les nombreux faits relatés dans les pages qui précèdent, la participa-tion des lymphatiques et des veines à l'absorption est établie d'une manière péremp-toire non-seulement pour le tube digestif, mais pour la plupart des parties du corps, il peut néanmoins être utile (avant de spécifier davantage le rôle propre à chaque ordre de ces vaisseaux) d'indiquer rapidement quelle opinion on doit se faire, suivant nous, de la valeur de certaines expériences qu'il nous a fallu men-tionner.

Et d'abord, que penser de celles où l'on a vu l'*absorption* de substances étran-gères à l'organisme continuer dans des membres ne communiquant plus avec le tronc que par l'artère et la *veine* crurales? Dans ces cas, si l'expérimentateur a su éviter l'objection fondée sur la présence de lymphatiques qui auraient pu exister dans les parois veineuses et artérielles, il a cru, à tort, devoir introduire le poison (upas-tieuté) dans une plaie où celui-ci a pu directement communiquer, *par des veines divisées et ouvertes*, avec le sang en circulation : or telle n'est pas assuré-ment la condition qu'on se représente dans la doctrine de l'absorption veineuse que l'auteur se proposait de défendre, doctrine dans laquelle on admet au contraire que cet acte s'accomplit par des veines intactes et conséquemment à travers leur trame organique.

D'autre part, nous ne saurions non plus attacher de l'importance à ces essais dans lesquels nous avons vu John Hunter, partisan de l'absorption exclusive par les lymphatiques, introduire du lait dans une anse intestinale, pour démontrer qu'il vient prendre la place du fluide transparent d'abord contenu dans les chyli-fères, sans que d'ailleurs la moindre quantité en passe dans les veines intestinales. En effet, quoi d'étonnant que, dans certaines conditions, un liquide émulsif comme le lait puisse être directement absorbé par les chylifères, puisque, le rôle incon-testé de ces vaisseaux est surtout d'absorber les matières grasses émulsionnées? En quoi cela peut il contribuer à établir l'opinion de John Hunter, que les veines n'absorbent point et que le système lymphatique seul est destiné à l'absorption?

Quant aux autres expériences dans lesquelles, toujours en vue de la même opi-nion, John Hunter verse dans l'intestin des solutions de matières colorantes ou odorantes (indigo, musc, etc.), qu'il dit retrouver aussi dans les chylifères, *à l'ex-clusion des veines*, on sait, par les recherches plus récentes de Tiedemann et Gmelin, de Westrumb, de Lawrance et Coates, de Bouchardat et Sandras, etc., qu'il y a là, sinon une erreur complète, du moins une grande exagération.

Dans un autre sens, quand il s'agit d'établir la réalité de l'absorptiou veineuse, nous ne croyons pas non plus devoir attacher un grand prix (et cette opinion a été précédemment motivée) aux arguments qu'on a voulu tirer de l'excédant consi-dérable de diamètre des veines intestinales sur les artères correspondantes, de l'étroitesse du canal thoracique, de l'induration si fréquemment observée des gan-glions lymphatiques du mésentère, etc.

Mais tout cela étant éliminé comme ne pouvant représenter des données sérieuses pour la solution du problème, il n'en reste pas moins encore, on l'a vu, un en-semble fort imposant de preuves qui démontrent la part que prennent à l'absorption, dans les diverses parties de l'organisme, les lymphatiques ordinaires et les veines.

En terminant ce court examen critique, nous ajouterons une remarque qui n'est pas sans importance : il ne suffit pas toujours d'avoir constaté, dans les lym-phatiques, la présence de certaines substances étrangères à l'économie pour être

autorisé à conclure que leur absorption s'est faite primitivement par ces vaisseaux; en effet, absorbées d'abord par le système veineux et entraînées dans le torrent circulatoire, ces substances pourraient, à leur sortie des capillaires sanguins, avoir été reprises avec les matériaux élaborés de la lymphe et s'être ultérieurement engagées avec ces matériaux dans les voies lymphatiques. Aussi, quand il s'agit d'expériences relatées à l'appui de la doctrine de l'absorption par ce dernier ordre de vaisseaux, doit-on évidemment donner la préférence à celles qui ont constamment fait reconnaître, dans la lymphe d'abord et seulement plus tard dans le sang, les substances expérimentées.

VIII. Nous voici arrivé à l'intéressante question de savoir si, parmi les substances propres ou étrangères à l'organisme, il en est qui s'engagent plus spécialement dans les lymphatiques et d'autres qui passent de préférence par les veines, c'est-à dire à la recherche du rôle particulier à chacun de ces deux ordres de vaisseaux dans les diverses absorptions normales ou accidentelles dont l'économie peut être le siége.

A. Pour ce qui concerne le *système lymphatique* en général, si remarquable par l'ampleur et la richesse de ses réseaux originels, évidemment son rôle essentiel consiste à absorber, à la surface comme dans la profondeur des parties organiques, les matériaux exhalés par les capillaires sanguins, et à élaborer ces matériaux pour en former un fluide spécial qui, sous le nom de *lymphe*, doit être déversé dans la masse du sang.

Mais, comme dépendances du système lymphatique, il existe aussi des vaisseaux particuliers, les *chylifères*, qui de plus se chargent, avec le concours des veines intestinales, d'absorber les produits liquides de la digestion. Or, nous avons déjà dit (page 320) sous quelles formes ces produits étaient absorbés, suivant qu'ils provenaient d'aliments albuminoïdes, gras, féculents ou sucrés. Il nous reste donc seulement à signaler les voies plus ou moins directes que, selon leur nature, ils parcourent d'abord pour faire bientôt partie du torrent sanguin.

1° C'est un fait généralement admis aujourd'hui que les *matières grasses neutres* (huile, beurre, graisses), contenues dans les aliments, s'introduisent dans le sang par la voie détournée des *chylifères*. Il nous faudra rechercher plus loin si c'est là leur voie exclusive.

Cette action absorbante spéciale des chylifères peut déjà se présumer par l'inspection directe et comparée du tube intestinal chez des mammifères qu'on ouvre pendant et après la période digestive; elle se démontre à l'aide de l'analyse chimique.

Quand, par exemple, on sacrifie un chien trois ou quatre heures après son repas ordinaire de viande, et qu'on examine le mésentère et la surface de l'intestin, on est tout d'abord frappé de la présence d'innombrables arborisations blanches, qui ne sont que les chylifères distendus par une liqueur *émulsive*, c'est-à-dire tenant en suspension des particules graisseuses d'une finesse extrême; la citerne sous-lombaire et le reste du canal thoracique, fortement dilatés, sont également remplis d'un liquide analogue à celui qui se trouve alors dans les chylifères. Ouvre-t-on comparativement un autre chien, dont la digestion intesti-

nale est entièrement achevée, l'aspect du système chylifère est bien différent : le lymphatiques de l'intestin, rétrécis, contractés et ne renfermant plus qu'un liquid transparent et semblable à celui qui circule dans toutes les autres parties du sys tème lymphatique, sont à peine apercevables sous la forme de filaments translu cides; le canal thoracique, avec sa citerne lombaire, est aussi sensiblement dimi nué de calibre et ne renferme plus qu'un liquide plus ou moins transparent.

Or, les recherches chimiques de Bouchardat et Sandras (1) ont fait voir qu chez les chiens, dans la nourriture desquels on fait entrer des proportions crois santes de matières grasses, il est toujours facile d'extraire de l'appareil chylifèr des quantités corrélatives de ces matières avec tous leurs caractères propres; d manière, disent ces expérimentateurs, « qu'on extrait de l'huile quand l'animal mangé une soupe à l'huile, du suif quand il a pris du suif, etc. » Il n'y a donc pa d'hésitation possible touchant cette conclusion, à savoir que, chez les mammifères les lymphatiques de l'intestin absorbent les matières grasses neutres renfermée dans les aliments.

Déjà nous avons établi que ces mêmes matières, après avoir été émulsionnée par divers sucs digestifs, sont absorbées *en nature* et non transformées chimique ment, comme on l'a prétendu; nous avons aussi exposé les phénomènes les plu apparents qui se rapportent à l'*absorption du chyle*, signalé le rôle attribué au villosités intestinales, etc. (voy. p. 321 et suiv.). Aussi nous bornerons-nous main tenant à ajouter quelques détails sur les conditions et le mécanisme de l'absorp tion des matières grasses.

D'une part, l'opinion dans laquelle on suppose que les graisses sont absorbées à l'état de savon pour redevenir ensuite graisses neutres, ne pouvant être regardé que comme une hypothèse sans fondement; et, d'autre part, les corps gras n'étan miscibles ni à la lymphe, ni au sérum du sang, comment admettre que l'*endos mose* puisse servir à l'explication du mécanisme de l'absorption pour cette classe d'aliments? On sait avec quelle énergie les phénomènes endosmotiques s'accom plissent dans les plantes, quand on vient à plonger leurs extrémités radicellaire dans différents liquides; et pourtant, dans aucune expérience, avec des émulsion variées, je n'ai pu constater qu'elles en eussent absorbé la plus minime quantité je n'ai pas non plus observé le moindre signe d'endosmose entre ces émulsions e le sérum du sang, que j'eusse fait usage d'endosmomètres fermés soit avec de membranes organisées, fraîches et intactes (muqueuses intestinale, vésicale, etc.) soit avec de la baudruche. — Il est vrai que, chez l'animal vivant, il y aurait à tenir compte de la *pression* due aux contractions de l'intestin (*).

D'après Schiff (2), qui croit devoir admettre, avec Œsterlen (3), que des corps solides insolubles, quand ils sont très-finement pulvérisés, peuvent passer à tra vers la trame des parois vasculaires, les corps gras finement divisés ou émulsion-

(1) *Recherches sur la digestion et l'assimilation des corps gras*, etc., dans l'*Annuaire de thérapeutique* pour l'année 1845, p. 238-259.

(*) Suivant J. BÉCLARD (*Traité élémentaire de physiologie*, p. 195, 2e édit., Paris, 1856), qui, comme LIEBIG, a tenté quelques expériences tendant à démontrer ici l'influence de la *pression*, « les contractions de l'intestin, sur l'animal, peuvent vaincre facilement une résistance analogue à une pression de quelques centimètres de mercure, d'autant mieux, ajoute-t-il, que la membrane qui revêt les villosités intestinales n'a qu'une épaisseur de quelques centièmes de millimètre. »

(2) Communication faite, en 1853, à la Soc. d'hist. nat. de Francfort-sur-le-Mein.

(3) *Beiträge zur Physiol. des gesunden u. kranken Organismus*. Iena, 1843.

nés pourraient aussi, par cela même et par l'intervention d'une certaine pression, s'introduire mécaniquement dans l'épaisseur des villosités intestinales. La bile, selon Schiff, exciterait les contractions de ces villosités qui ainsi videraient leurs lymphatiques actuellement remplis de granules graisseux, pour laisser le passage libre à d'autres granules résultant de l'émulsionnement dans l'intestin. La bile venant à manquer, les lymphatiques des villosités, une fois remplis de graisse, ne se videraient plus que très lentement, et alors l'absorption de cette matière serait elle-même ralentie. Étant admise une pareille influence de la bile sur l'absorption de la graisse, on s'expliquerait pourquoi, chez les chiens porteurs de fistule biliaire, la plupart des expérimentateurs ont noté un amaigrissement considérable; pourquoi aussi, dans les expériences comparatives de Bidder et Schmidt (1), tous les autres éléments du chyle étant à peu près les mêmes sur des chiens sains ou sur des chiens munis de fistule biliaire, et la proportion de graisse libre, dans le chyle, étant de 32 sur 1000 chez les premiers, cette proportion a été au plus de 2 sur 1000 chez les seconds.

Quoi qu'il en soit de ces données intéressantes, des observations entreprises sur la structure des villosités intestinales, des recherches de Goodsir (2), de Gruby et Delafond (3) sur la disposition de ces petits appendices en voie d'absorption chyleuse (voy. plus haut, p. 309 et 323), et aussi des recherches plus récentes d'Ernest Brücke (4), le mécanisme de l'absorption des *matières grasses*, par les *chylifères* de l'intestin, n'en reste pas moins un des phénomènes obscurs de la physiologie.

2° Ce ne sont pas seulement les aliments gras qui s'introduisent dans l'appareil chylifère; on a aussi constaté, dans le contenu de cet appareil, la présence de la glycose et parfois de l'acide lactique, deux produits qui résultent de la transformation plus ou moins avancée des *aliments féculents et sucrés*. C'est un fait que nous avons pu facilement vérifier nous-même sur le chyle provenant de grands herbivores chez lesquels Colin avait établi des fistules du canal thoracique; seulement il faut reconnaître que, dans ces cas, les proportions de glycose ont toujours été assez minimes.

3° Du reste, l'analyse chimique démontre que, pendant la période digestive, le contenu des lymphatiques de l'intestin n'est pas toujours le même, mais qu'il éprouve des variations sensibles, suivant la nature des aliments : en effet, sa richesse en matière grasse, sa proportion de sucre, d'eau et de sels, son degré de coagulabilité, sa richesse en fibrine et en albumine, sont bien loin d'être constants. Empressons-nous d'ajouter que l'alimentation seule ne détermine pas nécessairement les proportions des diverses matières du chyle, car les organes n'agissent pas toujours et absolument de la même manière sur les mêmes aliments.

On a fait, néanmoins, cette remarque digne d'intérêt que la quantité de fibrine est généralement plus considérable dans le chyle des animaux carnivores que dans celui des herbivores (Marcet et Prout), et que, chez des chiens nourris exclusivement avec de l'albumine et de la fibrine, le liquide du canal thoracique est encore plus coagulable, spontanément et par la chaleur, que dans les cas d'ali-

(1) *Die Verdauungssäfte und der Stoffwechsel*, p. 222 et suiv. Leipzig, 1852.
(2) *The Edinburgh New Philosophical Journal*, t. XXXIII, p. 165, 1842.
(3) *Comptes rendus de l'Acad. des sciences de Paris*, t. XVI, p. 1194, année 1843, séance du 5 juin.
(4) *Ueber die Chylusgefässe und die Resorption des Chylus*. Wien, 1853.

mentation ordinaire : cela tend à confirmer l'idée que l'albumine et la fibrine du chyle ont une origine simple et naturelle dans les aliments habituels des animaux, et que, par conséquent, une partie des *aliments albuminoïdes*, métamorphosés et liquéfiés par la digestion, doit aussi s'introduire dans les voies chylifères, en subissant ultérieurement de nouvelles modifications. Toutefois, il n'en reste pas moins admis que le système veineux intestinal est chargé de l'absorption de la plus grande partie de l'*albuminose*.

4° Quant à l'*eau*, si elle est surtout absorbée par les veines intestinales, on ne saurait pourtant nier que le système lymphatique n'intervienne aussi dans son absorption. Un chien fut d'abord privé d'aliments et de boissons pendant vingt-quatre heures, puis on lui fit boire de l'eau en grande quantité, et, une demi-heure après, on le mit à mort : le canal thoracique était fortement distendu par son contenu liquide (1). Si, d'après Leuret et Lassaigne (2), ayant donné à un mammifère un aliment solide et même substantiel, on tue l'animal pendant la digestion, on ne rencontre dans le canal thoracique qu'une assez petite quantité de chyle; tandis que, chez celui qui a bu en mangeant ou qui a pris en abondance des aliments liquides, on voit le canal thoracique et les chylifères très distendus. Tiedemann et Gmelin (3), ayant fait avaler de l'eau et du lait à un chien qui n'avait rien pris depuis vingt et une heures, le mirent à mort vingt-cinq minutes après cette ingestion, et trouvèrent même les lymphatiques de son estomac gorgés d'un fluide aqueux ayant l'apparence du sérum du lait.

Si, comme on vient de le voir, dans le contenu des lymphatiques de l'intestin peuvent figurer les divers produits de la digestion (dans des proportions sur lesquelles nous reviendrons en parlant de l'absorption correspondante par les veines intestinales), il importe de savoir que, en dehors de ces produits, les vaisseaux chylifères, à l'inverse des veines, n'absorbent pas du tout ou n'absorbent qu'avec lenteur et ne saisissent que dans de bien faibles proportions d'autres substances étrangères, comme les poisons, les sels solubles différents de ceux de l'alimentation, les matières colorantes, odorantes, etc., introduits dans le tube digestif.

Mais, avant de fournir les preuves de cette assertion qui figureront mieux à côté du rôle particulier aux veines, nous voulons rechercher si ce liquide émulsif, qu'on observe chez les mammifères et chez l'homme nourris d'aliments mixtes, et qu'on appelle *chyle*, a ou non pour voie exclusive de son transport l'appareil lymphatique des intestins.

Thomas Bartholin (4) a avancé que « la ligature d'une branche de la veine mésentérique n'empêche point le chyle de parvenir aux vaisseaux lactés qui insensiblement se tuméfient, mais que, les vaisseaux lactés une fois liés, le chyle s'arrête entièrement et ne s'avance plus du ventricule, des intestins ou des orifices lactés. » Dans ses expériences, J. Oudeman (5) est arrivé à la même conclusion.

(1) BURDACH, *Traité de physiol.*, t. IX, p. 253, addition d'Ern. BURDACH, trad. française de JOURDAN.

(2) *Rech. physiol. et chim. pour servir à l'hist. de la digestion*, p. 197. Paris, 1825.

(3) *Rech. expér. physiol. et chim. sur la digestion*, 1re partie, p. 212, trad. de JOURDAN. Paris, 1827.

(4) Cité par CRUIKSHANK, dans son *Anat. des vaisseaux absorbants*, trad. française, p. 46. Paris, 1787.

(5) *De venarum præcipue mesaraïcarum fabrica et actione*, p. 107. Groningue, 1794.

Cruikshank (1), le partisan de l'absorption exclusive par les vaisseaux lymphatiques, assure n'avoir jamais vu le moindre mélange de chyle ou la moindre teinte blanchâtre dans le sang des veines mésentériques, « et cependant, ajoute-t-il, le mélange du chyle dans la veine sous-clavière gauche se découvre facilement. » De pareilles assertions sont difficiles à concilier avec les résultats mentionnés par d'autres physiologistes : ainsi Bills, Swammerdam, Glisson (2), J.-F. Meckel (3), affirment avoir vu du chyle dans les rameaux originels de la veine porte ; Tiedemann et Gmelin (4) disent avoir fait la même observation chez le chien, et Fohmann l'a répétée (5) sur un suicidé. Chez un vieillard mort d'hydrothorax, quelques heures après avoir mangé, Mayer (6) aurait aussi trouvé un liquide blanc grisâtre dans les *veines* des parois intestinales.

On sait que le chyle, dans les points les plus rapprochés de l'intestin et avant son mélange avec la lymphe qui vient des autres parties du corps, contient déjà plus ou moins de matière grasse provenant des aliments. Il y avait donc un moyen plus rigoureux de s'assurer du fait en litige : c'était d'analyser comparativement le sang de la veine porte et celui d'autres veines de l'économie. Cette analyse a été faite par J. Béclard (7) qui a opéré sur le sang de la veine jugulaire, sur celui de la veine porte et sur celui de la veine splénique d'un cheval, soumis au régime du foin et de la paille. Ces divers sangs ont été desséchés à 100°, réduits en poudre, puis mis à macérer pendant quinze jours dans l'éther rectifié. Au bout de ce temps, la perte a été : pour le sang de la jugulaire, de 3,39 sur 1000 de résidu sec ; pour le sang de la veine porte, de 3,18, et pour le sang de la veine splénique, de 3,91. Or, puisque les pertes représentent les quantités respectives de matière grasse, il s'ensuit que, dans ce cas, le sang de la veine porte non-seulement ne contenait pas plus de matière grasse que celui d'autres veines, mais que même il en renfermait moins encore.

Il est vrai qu'entre les mains de Fr. Simon l'analyse du sang de la veine porte avait accusé une légère augmentation dans la proportion des matières grasses : ainsi ce chimiste avait trouvé, chez un cheval, pour 1000 grammes de sang, $3^{gr},18$ de matières grasses dans le sang de la veine porte et seulement $2^{gr},29$ dans le sang de la veine jugulaire ; chez un autre, $1^{gr},85$ dans le sang de la veine porte et $1^{gr},46$ dans celui de la jugulaire.

Mais quel cas faire de pareilles différences dans des analyses où l'on pèse les matières après dessèchement ? Ici, en effet, ces différences ne sont-elles pas dans les limites d'erreurs possibles ? Il nous paraîtrait donc difficile d'admettre, sur de semblables preuves, que les matières grasses du chyle entrent dans le sang par une autre voie que celle des chylifères.

P. Bérard (8), qui ne doute point que des matières grasses ne puissent passer dans les veines mésaraïques, rappelle que Bouchardat et Sandras (9), ayant fait

(1) *Ouvr. cité*, p. 46 et suiv.
(2) Cités par HALLER. *Elem. physiol.*, t. VII, p. 63.
(3) *Diss. de vasis lymphaticis*, 1757, p. 13.
(4) *Recherches sur la route que prennent diverses substances pour passer de l'estomac et du canal intestinal dans le sang*, p. 76, trad. franç. de Heller.
(5) *Anatomische Untersuchung ueber die Verbindung der Saugadern mit den Venen*. Heidelberg. 1822.
(6) *Zeitschrift fuer Physiol.*, t. I, p. 333.
(7) *Recherches expérimentales sur les fonctions de la rate et de la veine porte.* — Dans *Arch. gén. de méd.*, 4e série, t. XVIII, p. 440.
(8) *Cours de physiol.*, t. II, p. 577.
(9) *Annuaire de thérapeutique* pour l'année 1843, p. 289.

digérer de ces matières à des animaux, les ont retrouvées dans la bile où ell avaient été transportées, dit-il, par la veine porte. « On ne voit point, en généra ajoute le même auteur, le chyle lactescent dans les chylifères des oiseaux, d reptiles et des poissons, animaux qui cependant absorbent parfaitement les graisse il faut donc reconnaître que les matières grasses passent de préférence dans l veines chez les vertébrés inférieurs. » Dans notre opinion, une semblable conclusio n'est pas rigoureuse, car elle suppose démontrée une proposition qui ne l'est point, savoir que, dans tous les animaux vertébrés, l'*émulsionnement* des graisses, d'où r sulte leur aspect blanc, doit nécessairement précéder leur absorption par les chylifère

Naguère encore on considérait le chyle comme l'unique produit utile de digestion, quelle qu'eût été d'ailleurs l'espèce d'aliment ingéré; aussi les vais seaux chylifères étaient-ils regardés, sans hésitation, comme la seule voie ouverte l'absorption des matières réellement nutritives, et une oblitération spontanée o artificielle du réseau chylifère ou du canal thoracique devait-elle, disait-on, amen nécessairement la mort.

Les faits d'anatomie pathologique, recueillis sur l'homme, sont insuffisants pou juger la valeur de cette dernière assertion, la plupart d'entre eux étant accompa gnés de détails trop peu circonstanciés. Browne Cheston (1) a rencontré, sur u cadavre, la partie supérieure du canal thoracique tellement pleine d'incrustation osseuses, que ni l'air ni le mercure ne pouvaient parvenir dans la partie inférieure Nasse (2) et Krimer (3) ont trouvé ce même canal oblitéré par de la matière tuber culeuse, et, de son côté, Rust (4) l'a vu converti en une masse sarcomateuse che un individu qui présentait un amaigrissement considérable, etc. Nul doute que dans ces cas, l'altération ne fût ancienne, et, au premier abord, il semblerait ration nel d'en conclure que l'homme peut vivre pendant un certain temps avec le cana thoracique oblitéré. Mais pour prouver combien, en pareils cas, les ressources de l nature sont grandes et combien les faits qui précèdent sont peu concluants, il suffi de citer les observations plus rigoureuses rapportées par A. Cooper (5) et par An dral (6). Le premier a mentionné trois exemples d'oblitération du canal thora cique, soit par une dégénérescence tuberculeuse, soit par une dégénérescence can céreuse, et, deux fois, il a facilement trouvé des branches lymphatiques plus o moins volumineuses qui, en s'anastomosant avec le canal thoracique au-dessus d point oblitéré, rétablissaient le cours du chyle et de la lymphe. Une des observa tions d'Andral n'est pas moins remarquable sous ce rapport : le canal thoracique était transformé en une sorte de cordon fibreux dans tout l'espace correspondant à la cinquième, à la quatrième et à la troisième vertèbre dorsale; mais il y avait un vaisseau lymphatique considérable, une sorte de second canal thoracique, qui, n du canal principal un peu au-dessous de l'endroit où commençait l'oblitération, s dirigeait obliquement de bas en haut et de dedans en dehors, gagnait la veine azy gos, rampait derrière cette veine et venait s'ouvrir dans le canal thoracique prin cipal, au-dessus du point oblitéré.

(1) *Phil. Trans.*, observ. XIV, p. 684, année 1780.
(2) *Leichenöffnungen*, etc. Bonn, 1821, p. 150.
(3) *Versuch einer Physiol. des Bluts.* Leipzig, 1823, p. 83.
(4) HORN'S *Neues Archiv*, 1815, p. 731.
(5) *Mémoire sur l'oblitération du canal thoracique et sur les effets de la ligature de ce conduit.* — *OEuvres complètes*, traduct. de Chassaignac et Richelot, p. 616.
(6) *Arch. gén. de méd.*, 1re série, t. VI, p. 505 et *suiv.*

On sait que la ligature du canal thoracique a été pratiquée sur les animaux par plusieurs physiologistes, avec des résultats assez peu concordants. Les chiens, sur lesquels Lower (1) a expérimenté, n'ont survécu à l'opération que pendant quelques jours; mais il faut noter qu'à l'autopsie on a constaté un épanchement dans la plèvre. L'animal (chien) est mort après quinze jours dans le cas qui a été rapporté par G. Duverney (2). Ces expériences ont été reprises à la fin du siècle dernier (juin et juillet 1795), par A. Cooper (3) : sur quatre chiens, trois sont morts dans un intervalle de temps variant entre deux et six jours, avec une rupture de la citerne de Pecquet et un épanchement de chyle dans la cavité péritonéale; le quatrième ayant survécu, on a pu reconnaître, à l'autopsie, l'existence d'un vaisseau naissant du canal thoracique au niveau de la bifurcation de la trachée, et s'abouchant dansl a grande veine lymphatique droite : le canal thoracique avait été lié au niveau des on abouchement dans la veine sous-clavière gauche. Dupuytren (4) a confirmé ces résultats, en liant le canal thoracique sur des chevaux; quelques-uns sont morts, d'autres ont survécu. Chez les premiers, il fut impossible de faire passer une injection de la partie inférieure du canal thoracique dans l'une des veines sous-clavières; chez les autres, au contraire, on parvint aisément à pousser toute espèce de liquide de la partie inférieure du canal dans les veines sous-clavières, au moyen de communications très nombreuses, établies entre ces deux points par des vaisseaux lymphatiques placés dans les médiastins postérieur et antérieur.

Déjà, avant Dupuytren, Flandrin (5) avait lié le canal thoracique sur des chevaux : des dix qu'il a opérés, un seul a succombé au bout de trois jours; les autres ont survécu de deux à dix semaines, et, chez ces derniers, au dire de l'auteur, on n'aurait pas constaté l'existence d'un canal thoracique double. La ligature du canal thoracique a encore été pratiquée par Leuret et Lassaigne (6) sur un chien, qui, confié aux soins d'un vétérinaire habile, guérit en peu de temps et fut restitué aux deux expérimentateurs cinquante-huit jours après l'opération, dans un état d'embonpoint des plus satisfaisants. Ce chien ayant été sacrifié pendant la période de la digestion, on acquit la certitude que le canal était unique et qu'il avait été bien lié. — Mais, pour que ces dernières expériences eussent été concluantes, il aurait fallu avoir démontré que réellement le chyle n'avait pu non plus être transmis dans le système veineux par quelques vaisseaux anastomotiques de mince calibre; c'est ce dont Leuret et Lassaigne ainsi que Flandrin ne semblent pas s'être préoccupés.

Du reste, comme cela a eu lieu notamment dans les expériences d'Astley Cooper et de Dupuytren, si la suppression absolue de communication entre les systèmes lymphatique et veineux finit par entraîner la mort des animaux (*), ce résultat paraît dû bien plutôt à la suspension de la circulation lymphatique et à d'autres causes accessoires qu'à l'inanition provenant du défaut d'introduction de toute

(1) *Tractatus de corde*, etc., p. 228.
(2) *Histoire de l'Acad. des sciences de Paris*, 1675, t. Ier, p. 130.
(3) *Ouv. cit.*, p. 23.
(4) Cité par Magendie, dans le *Journal de Physiol. expérim.*, t. I, p. 21.
(5) *Journal de médecine*, 1791, t. LXXXVII, p. 221 et suiv.
(6) *Ouv. cit.*, p. 180.

(*) Ainsi qu'on l'a vu plus haut (p. 337 et 344), il n'y a d'avérées jusqu'à présent, comme communications entre ces deux systèmes, que celles du canal thoracique et de la grande veine lymphatique avec les veines sous-clavières. La continuité de quelques capillaires lymphatiques afférents avec les capillaires veineux, dans l'intérieur des ganglions mésentériques, pour expliquer la persistance de la vie chez les individus affectés d'une oblitération plus ou moins ancienne du canal thoracique, cette continuité, dis-je, n'est aucunement démontrée.

matière nutritive dans le sang : en effet, les animaux, qu'on prive entièrement de nourriture, vivent en général plus longtemps que ceux dont la précédente circulation a été définitivement interrompue.

Ajoutons, d'autre part, comme fait à démontrer plus loin, que le contenu de l'appareil chylifère ne représente pas *toute* la matière nutritive extraite des aliments, et aussi qu'il existe, pour la réparation de l'organisme, d'autres voies que les lymphatiques de l'intestin. Cela nous amène à examiner la nature des produits plus spécialement absorbés par le *système veineux.*

B. Aujourd'hui, on ne saurait plus révoquer en doute que les *veines*, qui ont d'abord pour usage de ramener vers le cœur le sang distribué aux organes par les artères, ne servent aussi à puiser, dans la profondeur des tissus ou à la surface des membranes, une partie des matériaux qui, exhalés par les capillaires artériels, doivent rentrer dans les voies circulatoires ; qu'en conséquence, comme les lymphatiques, les veines ne jouent un rôle des plus importants dans l'absorption. Les suffusions séreuses, qui résultent de la compression ou de l'oblitération des veines, tendent déjà assez à prouver que ces vaisseaux sont aptes à recevoir autre chose que des substances étrangères à l'organisme, et qu'il y aurait exagération à n'attribuer qu'aux lymphatiques les absorptions interstitielles, dont le but médiat est le renouvellement des parties vivantes. Ne sont-ce pas des radicules veineuses (celles de la veine ombilicale) qui absorbent, dans le placenta, les matériaux nutritifs apportés par le sang de la mère, matériaux indispensables à la nutrition du fœtus comme au développement de ses organes rudimentaires? Pourrait-on méconnaître aussi l'intervention du système veineux abdominal dans l'absorption incessante de tous ces liquides organiques (salive, bile, sucs gastrique, pancréatique, intestinal, etc.), si abondamment versés dans les voies digestives, et pour la plupart presque entièrement destinés à la résorption? Tout en reconnaissant qu'assez généralement l'absorption lymphatique marche parallèlement à l'absorption veineuse, nous ferons néanmoins observer que la première manquant chez tous les invertébrés et même dans quelques parties des animaux supérieurs, la seconde ou l'absorption veineuse constitue un acte plus général, et que d'ailleurs, par l'énergie avec laquelle elle s'empare des substances étrangères, par sa réceptivité pour un plus grand nombre de ces substances, comme par son extrême rapidité à les transporter au loin, elle a une certaine prééminence sur l'absorption lymphatique (*).

1° Quant à ce qui concerne, en particulier, les veines intestinales ou le système de la veine porte, nous avons vu que, s'il est vrai que les *matières grasses* contenues dans les aliments puissent s'engager dans cet ordre de vaisseaux, du moins leur absorption n'a lieu que dans des proportions bien minimes (2 ou 3 parties de matières grasses pour 1000 de sang) ; tandis qu'avec la même alimentation, 1000 parties du fluide contenu dans l'appareil lymphatique de l'intestin ont pu fournir jusqu'à près de 150 parties de graisse. Il y a donc ici un avantage bien marqué en faveur de l'absorption des *aliments gras* spécialement par les vaisseaux chylifères.

(*) On ne doit pourtant pas oublier que le système lymphatique, qui paraît exercer une absorption si lente, introduit *sans interruption* dans le sang une quantité énorme de liquides (lymphe ou chyle) d'ailleurs indispensables au renouvellement et à l'entretien des parties organiques. Plus haut (page 322), en parlant des fistules pratiquées sur le canal thoracique, j'ai rapporté qu'une vache avait fourni en vingt-quatre heures, par une pareille fistule, 95,386 grammes de ces fluides lymphatiques, c'est-à-dire environ un hectolitre.

Mais il n'en est plus ainsi des *aliments albuminoïdes féculents* ou *sucrés*, dont les produits liquides paraissent être absorbés en bien plus grande quantité par les veines intestinales que par les lymphatiques correspondants.

2° Après avoir donné à un chien un repas à peu près exclusivement composé de *féculents*, vient-on à recueillir, pendant la période digestive, du sang de la veine porte et du chyle qu'on laisse d'abord l'un et l'autre se coaguler, il est facile de constater, en traitant comparativement la même quantité de leur sérum par le tartrate cupro-potassique, qu'il y a une réduction du liquide bleu bien autrement abondante avec le sérum du sang qu'avec celui du chyle : c'est qu'en effet le premier est plus riche en *glycose* que le second. C'est donc plutôt dans les veines que dans les lymphatiques de l'intestin que s'engage le produit de la digestion des aliments féculents ou sucrés.

3° Quant aux aliments azotés ou *albuminoïdes*, il a déjà été dit plus haut que certains éléments du contenu des chylifères (albumine et fibrine) augmentent en raison de l'abondance des produits albuminoïdes digérés. Mais les analyses du sang de la veine porte, faites par J. Béclard (1), ont conduit leur auteur à admettre que c'est surtout ce dernier liquide qui présente de grandes variations dans la proportion de ses éléments constitutifs, et que ces variations sont en rapport direct avec les diverses époques de la digestion d'aliments mixtes : il y a d'abord diminution dans le chiffre des globules et augmentation, parfois considérable, dans celui de l'*albumine ;* puis le résultat inverse s'établit, c'est-à-dire que le chiffre des globules s'élève bien au-dessus de ce qu'il est dans le sang des autres parties du corps, notamment dans la veine jugulaire. La diminution des globules et l'*augmentation de l'albumine* ne sont jamais plus prononcées que lors de l'absorption des produits de la digestion. Ce n'est qu'après six ou dix heures, à partir du moment de l'ingestion des aliments, que l'augmentation des globules atteint son maximum et que s'effectue le retour de l'albumine à son chiffre normal.

Parmi les analyses assez nombreuses qu'a faites J. Béclard et qu'il donne à l'appui de ces assertions, nous choisirons les suivantes :

1° Chien de moyenne taille, *en pleine digestion* (pain et viande).

	Sang de la veine jugulaire.	Sang de la veine mésentérique.
Eau	778,90	778,85
Globules et fibrine . . .	158,20	58,97
Albumine et sels. . . .	62,90	162,18

2° Chien de moyenne taille, tué *dix heures* après un repas copieux, composé de pain et de viande de bœuf.

	Sang de la veine jugulaire.	Sang de la veine porte.
Eau	789,44	759,37
Globules et fibrine. . .	132,17	165,21
Albumine et sels. . . .	78,39	75,42

3° Lapin tué *trois heures* après un repas de son et de légumes.

	Sang de la veine jugulaire.	Sang de la veine porte.
Eau	829,80	828,66
Globules et fibrine. . .	116,91	105,21
Albumine et sels. . . .	53,29	66,13

(1) *Rech. expérim. sur les fonctions de la rate et sur celles de la veine porte ;* dans *Arch. gén. de médec.*, 4ᵉ série, t. XVIII, p. p. 326 et 438, année 1848.

4° Chien tué *huit heures* après un repas de viande de bœuf et de pain.

	Sang de la veine jugulaire.		Sang de la veine porte.
Eau	769,71	. . . . . .	737,21
Globules et fibrine. . .	148,32	. . . . . .	189,37
Albumine et sels. . . .	81,97	. . . . . .	73,42 (*)

(*) Ces diverses expériences ne démontrent point, suivant LUCIEN CORVISART (1), que l'augmentation de l'*albumine*, dans la veine mésentérique, soit due à l'absorption et que ce principe vienne *directement* des aliments. Et d'abord, l'époque à laquelle a lieu cette augmentation (deuxième ou troisième heure) lui semble peu favorable à une pareille interprétation, attendu qu'alors la dissolution et la transformation de la viande, et par conséquent son absorption, sont encore fort peu avancées. Puis, comparant l'analyse du sang veineux général avec celle du sang de la veine mésentérique, il fait observer qu'il ne résulte point de ces analyses qu'à ce *moment de la digestion* la somme des matériaux azotés du sang ait subi, dans la veine mésentérique, aucun accroissement réel. En effet, chez un chien, l'analyse a fait trouver (voy. le tableau p. 363) :

Dans le sang de la veine jugulaire.		Dans le sang de la veine mésentérique.	
Globules et fibrine.	158,20	Globules et fibrine.	58,97
Albumine et sels.	62,90	Albumine et sels.	162,18
	221,10		221,15

L'absorption digestive *supposée*, dit L. Corvisart, n'a donc apporté à la veine mésentérique aucune molécule nouvelle. La seule chose que ces chiffres établissent, c'est que, pendant les premières heures de la digestion, époque à laquelle les principaux fluides digestifs sont versés en abondance, les matériaux azotés du sang de la veine mésentérique (comparés à ceux du sang veineux général) se sont modifiés dans leur nature, *comme s'il y avait eu, dans le sang lui-même, une transmutation sur place d'une partie de ses éléments azotés :* 100 parties de fibrine et de globules ont précisément fait place à 100 parties d'albumine.

La même remarque est applicable aux résultats obtenus dans cette autre expérience, sur un lapin, vers la troisième heure de la digestion (voy. p. 363) :

Sang de la veine jugulaire.		Sang de la veine porte.	
Globules et fibrine.	116,91	Globules et fibrine.	105,21
Albumine et sels.	53,29	Albnmine et sels.	66,13
	170,20		171,34

Sans se dissimuler la hardiesse de son hypothèse, L. Corvisart s'explique ces faits comme il suit : les globules et la fibrine du sang ne font pas, dans la veine mésentérique, autre chose que ce qu'ils feraient dans l'intestin lui-même sous l'influence de divers sucs digestifs, suc pancréatique, etc. ; c'est-à-dire qu'ils subissent un *commencement* de digestion et se transforment en albumine (*albumine caséiforme*). Mais, plus tard, cette digestion intra-veineuse, et la transformation qui en résulte, cessent parce que les précédents sucs, bien que continuant à passer dans les veines par absorption, ont déjà épuisé leur activité digestive dans l'intestin. A ce moment (sixième ou huitième heure), qui est aussi celui où l'absorption intestinale paraît avoir déployé toute son énergie, le sang de la veine mésentérique devient, il est vrai, plus riche en matériaux azotés que le sang de la veine jugulaire ; mais alors, au lieu que l'augmentation porte sur l'albumine, elle porte sur la fibrine et les globules, qui augmentent de 30 à 40 parties sur 1000 parties de sang (2).

Faudrait-il donc croire que les produits azotés de la digestion sont absorbés par les veines mésentériques sous la forme de fibrine, et non sous celle d'albumine, comme l'admettent d'ailleurs un petit nombre de physiologistes?

Quoi qu'il en soit de la valeur des précédentes interprétations, en admettant qu'au contraire la *peptone ou l'albuminose* soit le produit régulier et constant de la digestion des aliments albuminoïdes et la forme véritable sous laquelle ils sont absorbés, évidemment la science n'est point encore en mesure de dire en quelle quantité proportionnelle ce produit particulier s'introduit, par absorption, dans les veines et dans les lymphatiques de l'intestin. Cependant on sait que le sang de la veine porte et le chyle lui-même renferment plus de matières dites *extractives* que le sang veineux général (3) ; cette différence ne serait-elle pas due à l'introduction de l'albuminose par suite de l'absorption digestive?

(1) *Sur une fonction peu connue du pancréas, la digestion des aliments azotés*, in-8, 2e partie. Paris, 1858.

(2) *Mém. cit.* de J. Béclard, expér. VIII et XI.

(3) LEHMANN, *Précis de chimie physiologique animale*, trad. fr. par DRION. Paris, 1855, p. 149 et 154.

Sur un cheval dont il a pu doser à part la *fibrine* du sang, J. Béclard a trouvé aussi ce principe un peu augmenté pendant la période digestive. Le même résultat a été obtenu, depuis, par Schmidt.

De ses précédentes expériences, et de celles qu'il a faites dans le but de rechercher si le sang de la veine porte contient une proportion de matières grasses plus considérable que n'en renferme le sang des autres parties du système circulatoire, J. Béclard conclut « que les matières albuminoïdes entrent dans le sang par la veine porte et les matières grasses par les chylifères. » Aujourd'hui, cette opinion est aussi, peut-être d'une manière un peu moins exclusive, celle de la plupart des physiologistes.

4° Mais ce ne sont point seulement les produits liquides de la digestion des matières albuminoïdes et des matières sucrées qui s'engagent plus spécialement dans les veines ; ce sont aussi les sels ordinaires de l'alimentation, ainsi que l'*eau* et les *boissons*, qu'on rencontre pourtant en partie (voy. p. 358) dans les vaisseaux chylifères.

La preuve que les veines sont en effet la voie principale par laquelle les *boissons* pénètrent dans le torrent circulatoire, se tire d'abord du raisonnement fondé sur cette considération que le calibre du canal thoracique est peu en rapport avec les quantités énormes de liquide pouvant être absorbées, mais elle se déduit surtout d'expériences directes. J. Béclard (1) a constaté que, si l'on analyse comparativement le sang veineux général (sang de la veine jugulaire) et le sang de la veine porte, sur un animal qui a copieusement bu, on trouve des différences notables dans les proportions de l'eau de ces deux sangs. Dans une de ses expériences, le sang pris dans la veine jugulaire contenait, par exemple, 796 parties d'eau pour 1000, et le sang de la veine porte du même animal en contenait 851. Une autre fois le sang de la veine jugulaire contenait 770 parties d'eau, et le sang de la veine porte 823.

On sait que, dans une série d'expériences faites sur divers animaux (chiens, poules, canards, etc.), Bouchardat et Sandras (2) affirment avoir reconnu que l'absorption des *boissons alcooliques* s'accomplit par les veines et non par l'appareil chylifère(*). Quoi qu'il en soit de cette dernière assertion, peut-être trop exclusive, toujours est-il que la plus grande partie de ces boissons pénètre dans les veines de l'estomac et de l'intestin qui les apportent au foie. Aussi des pathologistes se sont-ils demandé si les molécules alcooliques, amenées directement dans cet organe par la veine porte, ne pourraient pas l'influencer parfois d'une manière fâcheuse et être la cause déterminante d'affections diverses : c'est ainsi que l'hépatite, si fréquente dans les pays chauds, a été rapportée aux excès de boissons alcooliques, et que, parmi les causes de la cirrhose, on a signalé les habitudes d'ivrognerie.

(1) *Traité élémentaire de physiologie*, p. 169, 2e édit. Paris, 1856.

(2) *De la digestion des boissons alcooliques*, dans *Archives d'anat. et de physiol.*, 1846, p. 236 et suiv.

(*) Déjà Tiedemann et Gmelin (a) étaient arrivés au même résultat dans une de leurs expériences : on donna à un vieux cheval, à jeun, une demi-once de prussiate de mercure, avec une livre et demie de teinture de tournesol, autant d'*alcool*, et dix grains de musc, le tout mêlé dans une suffisante quantité d'eau. Le chyle du canal thoracique, trois heures et demie après l'ingestion, n'offrait ni *odeur d'alcool*, ni odeur de musc ; dans les vaisseaux lymphatiques du mésentère existait un liquide rougeâtre et transparent, également dépourvu de toute odeur de musc ou d'*alcool*. Le sang de la veine porte et celui des veines splénique et mésentérique supérieure offraient, au contraire, l'odeur propre à chacune de ces deux substances.

(a) *Recherches sur la route que prennent diverses substances pour passer de l'estomac et du canal intestinal dans le sang*, p. 50. Paris, 1821, trad. franç. de S. Heller.

5° C'est aussi surtout par les veines de l'intestin, et presque à l'exclusion de lymphatiques correspondants, que les *poisons*, certains *sels solubles* autres qu ceux de l'alimentation, les *matières colorantes* ou *odorantes*, sont réputés s'intro duire dans le sang. Il en est de même dans les autres parties du corps, où, en effet les matières étrangères paraissent pénétrer plus facilement et aussi plus impu nément dans les veines que dans les lymphatiques. A la suite de l'absorptio de certaines de ces matières, ne voit-on pas trop souvent ces derniers vaisseau devenir douloureux, se tuméfier et apparaître, au travers de la peau, sous la form de traînées rouges, en même temps que les ganglions voisins s'endolorissent, s gonflent et parfois même suppurent?

Bien évidemment ce sont les veines qui entraînent dans la masse du sang ce *poisons* qui tuent en quelques secondes, c'est-à-dire presque aussitôt après leu application aux surfaces absorbantes : tels sont l'acide cyanhydrique ou la solutio d'extrait alcoolique de noix vomique versés sur la conjonctive ou dans les bron ches. Ici le passage dans le sang est si rapide, que personne ne pourrait songer l'expliquer par le cours de la lymphe ou l'intervention des lymphatiques.

A propos des poisons minéraux en particulier, est-il besoin de rappeler que l foie reçoit le premier, à l'aide des veines intestinales qui forment la veine porte, l presque totalité de la substance vénéneuse, et que cette substance y séjourne plu longtemps que dans les autres viscères, circonstance qu'on a voulu expliquer pa la circulation lente du sang au travers de cet organe? Chatin (1), ayant empoi sonné des chiens par l'acide arsénieux ou l'émétique, a facilement retrouvé d l'arsenic ou de l'antimoine dans le sang extrait du cœur et des gros vaisseaux tandis que, malgré la perfection des procédés chimiques qui permettent de recon naître des quantités infinitésimales d'arsenic et d'antimoine en les engageant dan des combinaisons avec l'hydrogène, le même expérimentateur n'a pu parvenir trouver la moindre trace de ces métaux dans le chyle retiré du canal thoracique.

Maintenant il nous reste à établir que (comme les substances les plus toxique les *matières salines* étrangères à l'alimentation, les *matières colorantes* ou *odo rantes*, suivent spécialement, sinon exclusivement, la voie des veines; que ce différentes matières aient été primitivement introduites dans les intestins, dans le bronches, dans les réservoirs des glandes ou bien dans les cavités séreuses, etc.

Les expériences à ce sujet ont été répétées nombre de fois et variées surtou par Tiedemann et Gmelin (2). Au dire de ces expérimentateurs, l'indigo, l garance, la rhubarbe, la cochenille, la teinture de tournesol, la teinture d'alcanna la gomme-gutte, le vert d'iris, qu'ils avaient administrés aux animaux, ne se son jamais montrés en aucun point de l'appareil lymphatique de l'intestin, ni dan le canal thoracique. — Les principes odorants, émanés du camphre, du musc, d l'alcool, de l'essence de térébenthine, de l'huile de Dippel, de l'assa fœtida, de l'ail n'ont pas été non plus retrouvés dans le chyle du canal thoracique. Il en a été de même des sels de plomb, de mercure, de fer et de baryte.

Mais, au contraire, Tiedemann et Gmelin ont reconnu, dans le *sang des veines*

(1) *Comptes rendus des séances de l'Acad. des sciences de Paris*, t. XVIII, 1844, séance du 4 mars.

(2) *Recherches sur la route que prennent diverses substances pour passer de l'estomac et du canal intestinal dans le sang*, p. 2 et suiv. Paris, 1821. Trad. franç. de HELLER.

Voir aussi *Physica experimenta circa chylum sistens*, par MÜLLER (*Dissert. inaug.*, Heidelberg, 1819.

mésentériques, l'odeur du camphre et celle du musc; la matière colorante de l'indigo et celle de la rhubarbe; plusieurs sels, le prussiate et le sulfate de potasse, ainsi que des traces de sels de plomb et de fer. Dans le *sang de la veine splénique*, ils ont constaté l'odeur du musc, des traces de rhubarbe, du prussiate de potasse, des indices de sels de plomb, de fer, de mercure et de baryte. Enfin, dans le *sang de la veine porte*, ils ont trouvé aussi des principes odorants : camphre, huile animale de Dippel, musc; des substances colorantes : indigo, rhubarbe; des sels : le prussiate et le sulfate de potasse, puis encore diverses combinaisons salines de fer, de plomb, de baryte, etc.

Ce qu'avancent ici Tiedemann et Gmelin s'accorde, en partie, avec les résultats que d'autres physiologistes ont obtenus : ainsi, Hallé (1), Flandrin (2), Magendie (3), Westrumb (4), Krimer (5), Lawrance et Coates (6), n'ont pu retrouver, dans le chyle ou dans le canal thoracique, les matières colorantes végétales ou les matières odorantes dont ils avaient aisément constaté la présence dans le sang, et notamment dans celui de la veine porte. Panizza (7) conclut aussi de ses recherches qu'un grand nombre de substances salines, introduites par l'estomac, entrent directement par les veines dans la masse du sang : deux chiens ayant été nourris pendant trois jours de soupe mêlée de prussiate de potasse, furent ouverts vivants le troisième jour, et toute la surface interne du tube digestif se teignit en bleu par l'addition d'un solutum de chlorhydrate de fer; la même réaction se manifesta dans les voies urinaires, tandis que 4 grammes de lymphe extraite du canal thoracique ne présentèrent qu'une réaction équivoque; puis le sang de diverses artères et veines ayant été examiné, nulle part ce fluide ne se montra aussi sensible au précédent réactif que dans les veines sortant de l'intestin grêle. Un jeune âne, qui avait pris, dans l'espace de cinq jours, plus de 90 grammes d'iodure de potassium, fut ouvert vivant le cinquième jour : Panizza recueillit du sang des veines mésaraïques jusqu'à leur origine, du sang d'une artère du gros intestin, du sang de la veine porte, plus d'un demi-verre de chyle et de lymphe du canal thoracique, de l'urine, du chyme, des matières contenues dans l'intestin grêle, des fèces; partout on trouva de l'iode, mais ce fut dans le chyle et la lymphe qu'on eut le plus de peine à en découvrir. Une autre expérience, faite avec du nitrate d'argent, donna le même résultat. On a déjà vu que Chatin (8), ayant empoisonné des chiens par l'acide arsénieux ou l'émétique, avait obtenu de l'arsenic et de l'antimoine du sang extrait du cœur et des gros vaisseaux, tandis que le chyle retiré du canal thoracique n'avait point fourni la moindre trace de ces métaux. Est-il besoin de rappeler, après tous ces faits, que la ligature du canal thoracique n'empêche point le passage dans le système sanguin d'un poison introduit dans le tube digestif (*) ?

(1) *Système des connaissances chimiques* de Fourcroy, t. X, p. 66.
(2) *Journal de médecine*, 1790, t. LXXXV, p. 372.
(3) *Précis de Physiol.*, t. II, p. 157, 182.
(4) Meckel's *Deutsches Archiv*, t. VII, p. 528, 534, 539.
(5) *Physiologische Untersuchungen*, p. 10.
(6) *Philadelphia Journal of Medical Science*, année 1822.
(7) *Memorie dell' I. R. Istituto Lomb.*, 1841, t. I, et dans *Arch. génér. de méd.*, 4e série, t. II, p. 85.
(8) *Loc. cit.*

(*) C'est par erreur que plus haut (p. 351) cette dernière expérience de Magendie et Delille a été citée comme datant seulement de 1821. Cette date est celle de la réimpression de leur mémoire dans le *Journal de physiologie expérimentale*, t. I, p. 18; la première publication remonte

Toutefois nous ne saurions omettre d'ajouter qu'il est aussi, dans la science des résultats dus à d'autres expérimentateurs éminents et qui sont de nature à ne pas faire rejeter, d'une manière absolue, toute participation des vaisseaux lymphatiques aux absorptions précédentes. Tels sont les faits que nous avons nous-même déjà cités (voy. p. 349) et empruntés à Martin Lister, W. Musgrave, Haller, Viridet et Mattei, Seiler et Ficinus, Schrœder Van der Kolk. D'ailleurs nous ajouterons que Tiedemann et Gmelin (1) eux-mêmes ont rencontré parfois le sulfate de potasse et le sulfate de fer dans le canal thoracique du cheval et dans celui du chien; que ces mêmes auteurs, ainsi que Mac-Neven (2), Lawrance et Coates (3), et les médecins de la Société de Philadelphie (4), ont retrouvé le cyanure de potassium dans les veines et dans le canal thoracique, quelquefois même dans ce dernier, alors que les veines n'en renfermaient point; ce qui exclut ici l'idée d'une absorption primitive par ces vaisseaux et d'un passage seulement subséquent dans les lymphatiques. C'est ce passage qu'on a invoqué pour expliquer comment, chez un animal mis au régime de la garance, le chyle et le contenu du canal thoracique ont pu n'être pas colorés dans les premiers jours de l'expérience et le devenir plus tard.

6° Quant aux *venins*, produits d'une sécrétion normale et propres à certaines espèces d'animaux, on sait que, s'ils peuvent impunément séjourner sur la peau ou sur la muqueuse digestive intactes, ils occasionnent les accidents souvent les plus redoutables, quand, après avoir été mis en contact avec la muqueuse pulmonaire ou avec des plaies, ils ont une fois pénétré dans la circulation générale. Qu'on se rappelle, à ce propos, avec quelle rapidité, dans la morsure de la vipère, le venin arrive au cœur (*). L'apparition si prompte des accidents (faute de preuves plus directes) tend donc à faire croire qu'ici encore les veines sont les voies ordinaires de ces sortes d'absorptions éventuelles.

Les *virus*, qui diffèrent des venins par leur origine pathologique, s'en distinguent aussi, sinon par une absorption plus lente, du moins par le laps de temps beaucoup plus long qui leur est nécessaire pour manifester leur fâcheuse influence sur l'économie. Mais cette notion ne contribue guère à nous éclairer sur la question de savoir quels sont les agents vasculaires de leur absorption, si ce sont les lymphatiques ou les veines. Pour expliquer comment un chancre syphilitique, par exemple, qui ne s'est montré que plusieurs jours après un coït impur, peut entraîner la généralisation du mal, on suppose que le virus, déposé localement, modifie lentement les parties solides qui en ont reçu l'impression, et que ce sont ces parties elles-mêmes qui produisent, après cette sorte d'inoculation, le principe qui généralise le mal. Dans le cas de cautérisation assez prompte du chancre, on admet que le virus et les points contaminés sont assez profondément altérés

à 1809. Par conséquent, les expériences analogues de BRODIE (*Philos. Trans.*, 1811) sont postérieures en date à celles des physiologistes français.

(1) *Mém. cit.*, p. 28 et 48.
(2) *New-York Med. and Phys. Journ.*, 1822, n° 2.
(3) *Loc. cit.*
(4) *Philadelphia Journal of Med. Sc.*, n° 6, 1822.

(*) FONTANA (*Traité du venin de la vipère*, etc.) a constaté qu'un pigeon, mordu à une patte par la vipère, succombe si l'amputation n'est pas faite dans les quinze ou vingt secondes qui suivent la morsure.

par le caustique, pour que la production du principe supposé et l'infection consécutive en soient empêchées; mais quand il en est autrement, c'est-à-dire lorsque l'affection, d'abord locale, devient constitutionnelle par l'entremise de l'absorption, évidemment nul physiologiste ne saurait dire quel ordre de vaisseaux intervient alors de préférence. Il est vrai que, dans le cas de chancre du pénis, on peut voir les vaisseaux et les ganglions lymphatiques de l'aine s'enflammer, comme d'ailleurs s'enflamment aussi ceux de l'aisselle dans les piqûres anatomiques de la main; mais, en l'absence de l'absorption et du transport de tout principe nuisible, à la suite d'une simple excoriation de ces parties, ne voit-on pas parfois survenir le même genre d'accidents, et y a-t-il là réellement autre chose qu'une irritation locale qui se propage dans une certaine classe de vaisseaux?

De même, dans le cancer encéphaloïde, parce que la dégénérescence se propage aux ganglions qui reçoivent les vaisseaux lymphatiques de la partie malade, il ne faudrait pas se croire tout à fait autorisé à affirmer que ces vaisseaux ont *absorbé* et transporté le suc cancéreux d'une partie à l'autre; ou bien, en admettant un pareil transport, il serait permis de penser qu'il a eu lieu non à la suite d'une véritable absorption, mais après une pénétration toute mécanique dans des vaisseaux lymphatiques à parois ouvertes et détruites par la maladie elle-même.

Dans l'état présent de la science, qui oserait faire la part exacte du rôle des lymphatiques et des veines dans la résorption des fluides épanchés ou infiltrés, de l'œdème, de l'emphysème, de l'hydrothorax, de l'ascite, des tumeurs sanguines, des ecchymoses, etc.; ou bien encore dans cette absorption interstitielle qui, après la maladie, vient rendre à un organe sa texture ou sa disposition primitive, comme au poumon sa perméabilité à l'air après une pneumonie au deuxième degré, aux os leur canal médullaire oblitéré pendant la formation du cal, etc.?

En résumé, les lymphatiques généraux et les veines concourent à puiser, dans la profondeur des tissus comme à la surface des membranes, les matériaux qui, exhalés par les capillaires artériels, doivent rentrer dans les voies circulatoires: seulement, dans cette espèce d'absorption intime, les lymphatiques absorbent de préférence tout ce qui est encore apte à être utilisé et à devenir fluide nutritif, tandis que les veines s'emparent plus particulièrement des matériaux qui doivent être rejetés comme inutiles par les voies excrétoires.

Quant à cette autre espèce d'absorption qui s'applique aux substances étrangères à l'organisme, et en particulier à celles qui sont introduites dans le tube digestif, elle s'effectue aussi à la fois par les veines et par des lymphatiques spéciaux (*chylifères*) plus actifs que les lymphatiques ordinaires, et l'expérimentation démontre: 1° que les matières autres que les aliments, qu'elles soient indifférentes ou toxiques, salines, colorantes ou odorantes, s'engagent presque exclusivement dans les veines intestinales qui concourent à la formation de la veine porte, pour traverser le foie, la veine cave inférieure, etc.; 2° que les produits des divers aliments digérés figurent dans les veines et dans les chylifères, mais suivant des proportions bien différentes; qu'ainsi les chylifères se chargent principalement de matières grasses, à peu près à l'exclusion des veines, tandis que ces dernières absorbent plus spécialement les boissons, les produits de la digestion des aliments albuminoïdes et sucrés, ainsi que les sels ordinaires de l'alimentation.

CONDITIONS ET VARIATIONS DE L'ABSORPTION.

Il est diverses conditions qui sont nécessaires à l'accomplissement de l'absorption conditions qu'il importe de signaler tout en mentionnant aussi les variations qu certaines influences peuvent imprimer à cet acte important.

I. Nous avons vu que, pour l'être vivant, l'absorption consiste essentiellemen à emprunter au milieu qui l'environne une certaine quantité de matière *sous form gazeuse ou liquide*. Quand on considère, d'un côté, que les membranes animale constituent les filtres les plus fins qui se puissent imaginer, et, de l'autre, que le vaisseaux dits absorbants (veines et lymphatiques) forment un système de canaux clo de toutes parts et n'offrant, en aucun point de leur trajet, les moindres orific appréciables, on conçoit bien en effet qu'il n'y ait que des fluides élastiques, de liquides ou des solides ayant trouvé, au sein de l'organisme, les agents nécessaire pour les rendre liquides, qui puissent pénétrer dans le torrent circulatoire, parc qu'eux seuls sont aptes à filtrer à travers les membranes ou les parois des vaisseaux après avoir imbibé les tissus dont elles sont formées. Quel est d'ailleurs le pre mier but de la digestion, chez l'animal, si ce n'est de transformer les aliments e matières solubles et propres à s'introduire, par absorption, dans les voies fermée de la circulation ?

Malgré cet ancien adage si plein de vérité « *Corpora non agunt nisi soluta* », o s'est beaucoup préoccupé, dans ces derniers temps, d'une question déjà souve débattue, celle de savoir si des substances insolubles, mais très-finement divisée ne seraient point elles-mêmes absorbables. Il faut, sous ce rapport, distingue deux ordres de substances : les unes, naturellement insolubles dans l'eau, peuve trouver des dissolvants dans les liquides de l'économie, et rentrent conséquemme dans la catégorie des matières solubles (*); les autres ne sont nullement modifié par l'action de ces mêmes liquides, et conservent leur insolubilité en séjourna dans le tube digestif ou dans d'autres parties de l'organisme. L'opinion générale ment admise est que ces dernières substances ne sont pas absorbables.

Telle n'est pas l'opinion de G. Herbst (1), d'Œsterlen (2), d'Eberhard (3), d Mensonides et Donders (4), de Bruch (5) et de F. Marfels (6) qui, d'après leu propres recherches, admettent qu'au contraire des corps solides, insoluble quand ils sont très ténus, peuvent passer normalement à travers les parois va culaires. Œsterlen, en particulier, administre, pendant cinq ou six jours cons cutifs, à des lapins, à un chat et à de jeunes coqs, du charbon de bois rédu en poudre très fine, délayé dans l'eau et mélangé aux aliments. Or, on sait que charbon est complétement insoluble dans le canal intestinal, et qu'il est facile d'

(*) Voir plus haut (p. 316 et suiv.) ce qui a été dit de l'absorption de certains médicamen insolubles dans l'eau et solubles dans nos humeurs organiques.

(1) *Das Lymphgefässystem und seine Verrichtungen*. Gœttingue, 1844, p. 170, 336.
(2) Henle's und Pfeuffer's *Zeitschrift für rationnelle Med.*, t. V, p. 434.
(3) *Versuche über den Untergang fester Stoffe vom Darm und Haut in die Säftemasse d körpers* (*Dissert. inaug.*, Zurich, 1847).
(4) *Nederlandsch Lancet*, deel. V, p. 152,
(5) Siebold's und Kölliker's *Zeitschrift für Zoologie*, etc. t. IV, p. 290, année 1853.
(6) Dans *Journ. hebd. de méd. de Vienne*, déc. 1854, — et dans *Ann. des sc. nat.*, t. p. 134, année 1856.

distinguer les plus petites parcelles, dans le sang, à leur coupe, à leur teinte et à leur forme particulières. Ces animaux ayant donc été sacrifiés, une goutte de sang, prise dans une veine mésaraïque, a été placée sur un fragment de verre parfaitement nettoyé et débarrassé de toute molécule de poussière ou de charbon. A l'aide du microscope, Œsterlen assure avoir distingué, au milieu du sang, des molécules charbonneuses exactement semblables à celles qui avaient été administrées à l'animal. Des particules semblables furent trouvées dans le sang de la veine porte, de la veine cave inférieure, dans les caillots sanguins du cœur droit, dans le foie, le poumon, la rate et les reins. Mais on n'en découvrit aucune trace dans le canal thoracique, dans l'urine et la bile. Toute la surface de la muqueuse intestinale était gris brunâtre, mais n'offrait aucune altération apparente. Les principaux organes et les vaisseaux sanguins, ajoute l'observateur, étaient parfaitement sains.

Ce n'est pas seulement le charbon de bois qu'Œsterlen prétend avoir ainsi retrouvé dans le sang des animaux auxquels cette substance avait été administrée; il en a été de même, assure-t-il, du bleu de Prusse, dont les particules sont pourtant plus difficiles à reconnaître au microscope que celles du charbon.

D'autres expériences ont été faites par Mensonides et Donders (1), avec le mercure tel qu'il est disséminé dans l'onguent mercuriel, avec la fleur de soufre, le charbon végétal réduit en poudre extrêmement fine et les globules d'amidon. Les deux premières de ces substances n'ont fourni que des données assez incertaines; au contraire, les particules de charbon auraient été vues dans le sang, dans le tissu du poumon préalablement insufflé et dans le parenchyme du foie. Au moyen de l'iode, les globules d'amidon auraient été aussi reconnus dans le sang des vaisseaux du mésentère.

Les résultats précédents n'ont pas été confirmés par d'autres observateurs qui ont cherché à les reproduire. C. E. Hoffmann (2), dont le travail a été couronné par la Faculté de médecine de Wurtzbourg, affirme avoir complétement échoué dans douze expériences qui consistèrent à introduire, dans le corps de lapins, d'abord du mercure métallique en substance, puis du mercure extrêmement divisé comme dans l'onguent gris. Des lapins et des poules ayant été nourris, pendant huit jours, avec des aliments mélangés de charbon de bois porphyrisé, Mialhe (3) n'a pu découvrir aucune molécule charbonneuse dans le sang de presque tous les organes, examiné au microscope avec le plus grand soin. Ces expériences, sur lesquelles Soubeiran a présenté à l'Académie de médecine de Paris un rapport favorable, tendent à prouver que, si Œsterlen n'a pas été abusé par une illusion, il ne s'agissait nullement dans ses recherches d'un phénomène d'absorption, mais que les molécules de charbon, anguleuses et acérées, s'étaient frayé *mécaniquement* un passage à travers la substance molle des villosités. P. Bérard (4) a vu, de son côté, qu'en employant le noir de fumée, substance dont les particules n'offrent pas les contours anguleux des molécules de charbon de bois, on n'en retrouve pas la moindre trace dans le sang des animaux auxquels on l'a ingéré (*).

(1) *Loc. cit.*
(2) *Ueber die Aufnahme des Quecksilbers und der Fette in den Kreislauf.* Wurtzbourg, 1854.
(3) *Bulletin de l'Académie de médecine de Paris*, année 1848, mois d'août; et *Chimie appliquée à la physiol.*, p. 197, Paris, 1856.
(4) *Cours de physiol.*, t. II, p. 723.

(*) On peut rapprocher de l'expérience d'Œsterlen le fait curieux, signalé par Follin, de ces individus tatoués qui présentent dans les ganglions lymphatiques des particules des substances

J'ajouterai que, si l'on mélange avec de l'eau du charbon porphyrisé et qu'on l'offre en cet état à l'absorption des racines d'une plante, l'eau seule y passe; que tout le charbon reste au dehors, sans qu'il soit possible d'en découvrir un seul atome au dedans. Du reste, avec la plupart des infusions colorées (celles du moins où la matière colorante est seulement en suspension), on obtient le même résultat; l'eau, en passant dans l'extrémité radicellaire, se dépouille à son passage de la matière colorante qui se dépose à la surface.

Ainsi les substances solides, si divisées qu'elles soient, dès qu'elles ne sont point susceptibles de devenir solubles, ne sauraient passer, par véritable absorption, à travers les parois vasculaires ou utriculaires. Ce fait est également vrai pour les particules constitutives de certains liquides normaux ou pathologiques, du pus par exemple, dont les globules ne filtrent pas plus au travers d'une membrane animale (1) que ne le font les globules du sang lui-même (*).

Fluidité ou solubilité des corps, telle est la condition indispensable à leur absorption, aussi bien chez les animaux que dans les plantes. A ce propos, je rappellerai l'exemple suivant : On sait combien la matière amylacée est essentielle à la nutrition des plantes, et quel rôle important elle joue aussi dans l'alimentation de l'homme et de beaucoup d'animaux. Or, l'amidon ne se dissout pas dans l'eau, et, d'après ce qui précède, il faut nécessairement, pour que ce principe devienne assimilable au sein de l'organisme animal ou végétal, qu'il éprouve un changement qui le rende soluble. C'est en effet ce qui a lieu. Quand, par exemple, un grain ou fruit de céréales vient à germer, tout l'amidon contenu dans ce grain est bientôt transformé, sous l'influence d'une substance particulière (la *diastase*), en matières solubles, la *dextrine* d'abord, puis la *glycose*, toutes deux faciles à être absorbées, et partant susceptibles de contribuer, par leurs transformations ultérieures, à la nutrition de la nouvelle plante comme au développement de ses organes rudimentaires. De même, quand l'amidon est introduit dans les voies digestives des animaux, bientôt intervient l'action de certains principes contenus dans des fluides spéciaux (salive, suc pancréatique, etc.), qui eux aussi ont la propriété de convertir l'amidon insoluble en glycose soluble, et, par conséquent absorbable : le reste de l'amidon qui a pu échapper à cette métamorphose est au contraire expulsé avec les fèces, comme inutile à la nutrition.

II. L'état liquide ne suffit pourtant point pour permettre l'absorption d'une substance, il faut encore que cette substance soit elle-même susceptible de *mouiller* la membrane qu'elle est appelée à traverser. L'eau, par exemple, qui ne mouille pas un papier huilé, ne le traverse pas plus que le mercure ne traverse nos papiers à filtre ordinaires. En général, toutes choses égales d'ailleurs, plus le corps à

diverses usitées dans le tatouage : dans ce cas encore, elles avaient dû être introduites mécaniquement dans les vaisseaux. — Sans doute, chez les ouvriers mineurs, il en est de même de la poussière de charbon de terre, qui, après avoir déchiré les parois des lymphatiques du poumon, parvient jusqu'aux ganglions voisins, dont la teinte est devenue noirâtre.

(1) Fano a fait, à ce sujet, quelques expériences qui ont été publiées dans l'*Union médicale*, année 1855, t. IX, p. 441.

(*) Toutefois, au dire de Marfels (*loc. cit.*), qui a injecté du sang de brebis, de veau et de bœuf, dans le tube digestif de plusieurs grenouilles, les globules de ce fluide pourraient y être absorbés et venir ultérieurement circuler avec ceux du sang de la grenouille, en en restant bien distincts. Il en serait de même des corpuscules de pigment tirés de la choroïde oculaire. — Si cet observateur, qui s'appuie du témoignage de Moleschott, ne s'est pas laissé entraîner par quelque illusion, assurément le fait qu'il annonce aurait de l'importance au point de vue qui nous occupe.

absorber est fluide et miscible aux humeurs organiques, plus facilement aussi il pénètre dans les voies circulatoires. Au contraire, les liquides visqueux ou oléagineux donnent lieu à une absorption très lente et très difficile. Ségalas (1) et Heing (2), après avoir injecté de l'huile d'olive dans le péritoine d'animaux vivants, l'ont encore retrouvée après huit et dix jours, sans que la quantité en eût diminué notablement; tandis que l'eau, qu'on pousse en même quantité dans cette séreuse, disparaît assez ordinairement en vingt-quatre heures. De même aussi, de deux liquides analogues par leur composition et anormalement épanchés dans des cavités naturelles, celui-là en général résistera le plus longtemps au travail de résorption, qui offrira la viscosité la plus grande.

Mialhe (3) fait observer que, pour qu'une substance puisse pénétrer dans le système vasculaire, il faut non-seulement qu'elle soit liquide, mais encore qu'elle conserve sa fluidité en traversant les membranes qui la séparent du liquide sanguin ou lymphatique. Aussi cet auteur, au point de vue de la facilité de l'absorption, accorde-t-il une grande importance à la distinction, établie par lui, entre les substances coagulantes et celles qui ne le sont pas ou les substances fluidifiantes. En présence de l'albumine si abondamment répandue dans nos humeurs et dans nos tissus, un liquide absorbé vient-il à former une combinaison solide, comme fait le sublimé corrosif, par exemple, il n'entrera dans le domaine circulatoire qu'avec beaucoup de lenteur, au fur et à mesure que le coagulum produit sera repris, molécule à molécule, par les agents de dissolution que renferment nos humeurs; tandis que, dans le cas contraire, l'absorption pourra s'accomplir avec une assez grande rapidité relative.

III. Afin que l'absorption, qui s'applique à des matières nutritives, profite à l'organisme, elle doit s'accomplir d'une manière assez graduelle pour que la composition du sang ne s'en trouve pas trop brusquement changée. C'est même là une condition essentielle de toute nutrition normale; car dès que, dans le sang, une certaine proportion d'un produit nutritif absorbé est dépassée, l'économie fait effort pour s'en débarrasser par la sécrétion urinaire ou par d'autres voies. La glycose, par exemple, tout assimilable qu'elle est, échappe aux combustions normales et passe dans les urines, quand on l'a fait absorber par la muqueuse intestinale en trop grande quantité à la fois ou trop vite dans un temps donné. Cela résulte des expériences de F.-G. de Becker (4) et des nôtres, dans lesquelles, après avoir à diverses reprises injecté dans l'estomac une quantité considérable de glycose dissoute, nous avons vu des lapins devenir momentanément glycosuriques.

IV. Nous avons établi que l'absorption est un phénomène très général qui se produit dans la trame de tous les organes, ou, en d'autres termes, que tous les tissus organiques ont la propriété de se laisser pénétrer par les fluides mis en contact avec eux. Mais nous devons ajouter que les divers tissus sont loin de jouir au même degré du pouvoir absorbant.

Quelles différences, sous ce rapport, entre le névrilème ou les aponévroses et

(1) *Journal de physiol. expérim.*, t. IV, p. 286.
(2) MECKEL'S *Deutsches Archiv*, t. IV, p. 522.
(3) *Chimie appliquée à la physiologie*, p. 200. Paris, 1856.
(4) *Ueber das Verhalten des Zuckers beim thierischen Stoffwechsel* (*Zeitschrift für Zoologie*, etc, de SIEBOLD et KÖLLIKER, déc. 1853).

les membranes séreuses, entre ces membranes et le tissu cellulaire, ou bien ent les muqueuses et la peau, etc. ? Puis, pour ne parler que du tégument cutané c muqueux, quelles différences aussi ne constate-t-on pas, quant à l'énergie et à rapidité de l'absorption, dans les divers points de son étendue ? Tandis que, pa exemple, un demi-grain d'extrait alcoolique de noix vomique, injecté dans le bronches, suffit pour tuer un très gros chien en moins de deux minutes, deu grains du même poison sont portés, parfois sans aucun effet sensible, dans l'es tomac, le péritoine ou la plèvre d'un animal bien plus faible (1). La même quan tité d'acide cyanhydrique qui, agissant sur la conjonctive, peut donner la mor presque instantanément, occasionne à peine quelques accidents tétaniques lors qu'elle a été déposée sur la muqueuse digestive. Quant à la peau, on sait que c'es surtout dans les points où, très amincie, elle se continue avec les membranes mu queuses (lèvres, gland, vagin, etc.), qu'elle absorbe le plus activement ; l'aine e l'aisselle sont des lieux d'élection toutes les fois qu'on veut obtenir un effet généra de certaines onctions médicamenteuses.

La laxité, la finesse des tissus ou des membranes, et surtout l'abondance de leurs vaisseaux, telles sont les conditions anatomiques auxquelles on a coutume de rapporter la rapidité de l'absorption. En ce qui concerne les membranes spéciale ment chargées de faire pénétrer dans l'organisme les divers fluides indispensables à son entretien, évidemment on ne saurait négliger la couche cellulaire ou épithé liale dont elles sont revêtues : variable dans son épaisseur et dans l'arrangemen des cellules qui le constituent, ce revêtement épithélial existe, en effet, entre les fluides à absorber et les parties vasculaires et vivantes des tissus ; nul doute, par conséquent, que son degré de perméabilité ne doive avoir une grande influence sur le temps nécessaire à une substance dissoute pour s'introduire dans les vais seaux, c'est-à-dire pour être absorbée.

V. L'état de la circulation exerce une influence marquée sur l'absorption.

Si la rapidité du cours du sang accélère la marche des phénomènes d'absorption, l'arrêt du cours de ce fluide, tout en n'empêchant point l'imbibition, empêche au moins le transport rapide de la matière absorbée et les effets si prompts sur l'orga nisme de certaines substances toxiques. Schnell (2), après avoir pratiqué la ligature de l'aorte abdominale, introduit de l'antiar (poison de l'île de Java) dans une plaie faite à la cuisse d'un animal, et le poison n'est pas absorbé ; mais, au bout de huit heures, la ligature est détachée, et alors seulement les signes d'intoxication apparaissent.

Plus récemment, et contrairement à Schnell, d'autres expérimentateurs ont avancé que, même après la ligature de l'aorte et en l'absence de toute anastomose propre à rétablir le cours du sang, il y a encore résorption possible d'une portion du toxique introduit dans une plaie des membres postérieurs, mais qu'alors, au lieu d'apparaître après trois ou six minutes, les phénomènes d'empoisonnement se ma nifestent seulement après deux, trois, ou sept heures. A cet égard, H. Bischoff (3), Frankel (4), puis Lechler et Stannius (5), qui ont lié l'artère épigastrique pour

(1) SÉGALAS. — *Journ. de physiol. expérim.*, t. IV, p. 285, note 2.

(2) *Dissertatio sistens historiam veneni upas-antiar.* Tubingue, 1815.

(3) *Ueber die Resorption narkotischer Gifte durch die Lymphgefässe.* — Dans HENLE'S und PFEUFFER'S *Zeitschrift.*, etc., t. II, p. 55, 61, et t. V, p. 293.

(4) *De resorptione vasorum lymphaticorum adjunctis nonnullis experimentis.* Berolini, 1847.

(5) *Ueber die angebliche Nicht Aufnahme narkotischer Gifte durch die Lymphgefässe.* Rostok, 1848. — STANNIUS, in *Arch. für physiol. Heilkunde*, 1852, t. XI, p. 23.

empêcher la circulation supplémentaire, et Schiff (1), sont unanimes dans leurs affirmations, que m'ont fait adopter mes propres expériences sur des lapins et des grenouilles. Rappelons aussi qu'Emmert (2), après avoir lié l'aorte abdominale et avoir introduit de la fausse angusture dans la cuisse d'un animal, put retrouver cette substance dans l'urine, bien qu'aucun accident toxique ne fût survenu. « Comme ici, dit Weber (3), l'absorption n'avait pu avoir lieu par les veines, et qu'elle avait été accomplie exclusivement par les lymphatiques, on serait en droit de présumer que le poison avait dû perdre ses qualités nuisibles en traversant le système lymphatique. » Nous ne nous rendons pas garant de la vérité de cette dernière interprétation.

La réplétion excessive du système vasculaire s'oppose à l'absorption. Si l'on injecte un litre d'eau dans les veines d'un chien de taille moyenne, et qu'on introduise dans la plèvre une substance vénéneuse, les signes d'empoisonnement apparaissent plus tard qu'à l'ordinaire ; et si, au lieu d'un litre, l'injection est pratiquée avec deux litres, l'animal ne présente plus aucun signe d'intoxication. Mais, fait digne de remarque, vient-on à le saigner largement, en lui ouvrant l'une des jugulaires, on voit le poison produire son effet, pour ainsi dire à mesure que le sang s'écoule (4). Cet écoulement n'étant pas provoqué, non-seulement l'absorption peut être nulle, mais même quelquefois, si la réplétion est par trop considérable, la sérosité du sang s'échappe au travers des membranes.

La déplétion des vaisseaux active, par contre, l'absorption. On commence par tirer une notable quantité de sang à un animal, puis le poison est déposé dans la plèvre : les accidents d'empoisonnement, qui d'ordinaire surviennent seulement après deux minutes, se montrent au bout de trente secondes (5). Cela démontre que toutes les fois qu'un poison est introduit dans le tube digestif ou dans une partie quelconque du corps, une émission sanguine pourrait avoir des suites fâcheuses, en rendant plus facile le passage du toxique dans les voies circulatoires.

VI. La privation prolongée d'aliments et de boissons, qui entraîne le défaut de réparation des pertes incessantes que subissent les liquides organiques, peut agir comme les pertes de sang, c'est-à-dire augmenter la tendance à l'absorption. Aussi remarque-t-on que les individus placés dans cette condition sont plus exposés que d'autres à l'infection par les virus contagieux ou les miasmes paludéens. On observe également que, chez les malades soumis à une diète rigoureuse, les médicaments en général agissent avec plus d'énergie et d'efficacité, et qu'en certaines circonstances, après les purgatifs et les vomitifs, le travail de nutrition est singulièrement activé.

D'après ce qui précède, on comprend dès lors comment, dans certaines maladies où il y a un liquide à résorber, il peut être utile, sauf contre-indications, de restreindre la dose des boissons et des aliments.

L'expérimentation, sur des animaux restés longtemps sans nourriture, a d'ailleurs démontré qu'en pareil cas l'absorption intime est tellement accrue, que le

(1) *Expér. communiquées à la Soc. d'hist. nat. de Franfort-sur-le-Mein*, en sept. 1849.
(2) MECKEL'S *Archiv*, t. I, 1815.
(3) *De pulsu et resorptione*, etc., p. 16, 20.
(4) MAGENDIE, *Journal de physiol. expérim.*, t. I, p. 6.
(5) MAGENDIE, *loc. cit.*

système lymphatique tout entier se trouve comme gorgé d'une lymphe bien plus abondante et plus coagulable qu'à l'état normal (1).

VII. Si tout corps organique attire et absorbe l'humidité avec d'autant plus de force que lui-même en a perdu davantage et en contient moins, il importe de rappeler que l'animal, qui est éloigné de son terme de saturation, absorbe bien plus d'eau dans un temps donné que ne le fait l'animal qui est rapproché de ce même terme. Si donc on veut comparer deux animaux, sous le rapport de la vitesse d'absorption, il faut d'abord, toutes choses égales d'ailleurs, qu'ils soient également éloignés de leur point de saturation (2).

VIII. Suivant qu'on diminue ou qu'on augmente la *pression atmosphérique*, les actes d'absorption présentent des variations qui, au double point de vue physiologique et thérapeutique, ne sont pas sans intérêt.

David Barry (3) a reconnu qu'un poison déposé dans une plaie pratiquée sur un animal vivant reste sans effet, si les points de contact entre la surface absorbante et la matière toxique sont aussitôt placés dans le vide. En expérimentant sur des lapins avec des poisons très actifs, tels que l'acide prussique, la strychnine pure, l'upas tieuté, etc., si en effet on applique une ventouse sur la plaie empoisonnée des uns, et qu'on laisse la plaie des autres soumise à l'influence de la pression atmosphérique, les premiers de ces animaux ne présentent aucun signe d'empoisonnement, tandis que les seconds succombent avec rapidité. On obtient des résultats analogues quand, après avoir fait mordre par une vipère des lapins ou des chiens, on procède de la même manière.

Tout en reconnaissant avec Barry que, dans le vide, l'absorption est primitivement impossible, il est difficile d'admettre avec lui que la formation incomplète du vide, au moyen d'une ventouse à piston, diminue et surtout arrête les symptômes qui auraient déjà commencé à se produire ; car, quoi qu'on en ait dit, on ne comprend guère comment la ventouse pourrait agir jusque sur la portion de poison qui a été entraînée dans la masse du sang.

Le même observateur assure que « l'application d'une ventouse, pendant une *demi-heure*, prive la partie sur laquelle elle a été appliquée de la faculté d'exercer l'absorption pendant une heure et demie ou *deux heures* après que la ventouse est enlevée. »

Quoi qu'il en soit de la valeur de quelques-unes de ces assertions, toujours est-il que le fait principal, dont l'exactitude a été constatée en présence de juges compétents (*), offre une certaine importance pratique. Il en résulte que, dans le cas de piqûre produite par un animal venimeux ou par un instrument souillé de matières putrides, etc., il pourrait être utile, avant même de cautériser la plaie, d'y appliquer une ventouse dans le but d'arrêter l'absorption et d'attirer au dehors au moins une partie de la substance nuisible.

Si la soustraction de la pression atmosphérique peut paralyser le pouvoir absor-

(1) Collard de Martigny, *Journal de physiol. expérim.*, t. VIII, p. 177, 203.

(2) Consultez à ce sujet W. F. Edwards, *Influence des agents physiques sur la vie*, p. 98 et suiv. Paris, 1824. — Voir aussi le tableau XIV de cet ouvrage.

(3) *Annales des sc. nat.*, 1826, t. VIII, p. 315 et suiv.

(*) Voir le rapport fait à l'Académie de médecine de Paris, au nom d'une commission composée de : Adelon, Orfila, Ségalas, Andral fils et Pariset. — Voir aussi l'examen de ce rapport par L. Gondret. Paris, juin 1826.

bant, l'augmentation de cette pression amène un résultat inverse : c'est ainsi qu'en se servant d'un appareil de son invention, Murray (1) a remarqué que l'absorption des médicaments, par des plaies ou par la peau dépouillée de son épiderme, devenait alors beaucoup plus rapide.

A cette occasion, ne pourrait-on rappeler le fréquent usage qu'en thérapeutique on fait de la *compression* pour aider aux résorptions les plus diverses ? Combien de fois n'a-t-on pas vu l'application d'un simple bandage compressif aider efficacement à la disparition des tumeurs, des engorgements de tissus, de l'hydarthrose, etc. ?

IX. Quoiqu'il ne soit aucunement démontré que, chez l'être vivant, l'*électricité* représente la force qui préside aux phénomènes d'absorption, elle possède, au dire de Fodera (2), le pouvoir de les activer singulièrement. C'est ainsi qu'une dissolution de sulfate de fer ou de cyanure de potassium traverserait les parois de la vessie urinaire en quelques secondes, si l'on fait intervenir un courant électrique ; tandis qu'à l'état normal il faut quelquefois attendre une heure ou une heure et demie pour obtenir le même résultat. Peut-être, en effet, l'électricité serait-elle d'un emploi utile pour faire pénétrer diverses substances médicamenteuses dans l'organisme, pour aider à la résorption de certaines tumeurs ou de liquides accidentellement épanchés, etc.

De même aussi la *chaleur* est réputée favorable à l'absorption. On admet que les boissons tièdes sont plus vite absorbées que les boissons froides, et ce fait s'accorde avec certains phénomènes d'imbibition et d'endosmose que nous devrons faire connaître ultérieurement. Quand des grenouilles ont perdu beaucoup de leur poids par un long séjour à l'air sec, et qu'on les place ensuite dans l'eau, il s'opère une absorption si rapide, que parfois on peut suivre des yeux la diminution de niveau du liquide dans lequel elles sont plongées ; mais ce phénomène nous a toujours paru bien plus sensible avec de l'eau à + 15° ou 20° qu'avec ce même liquide à + 3° ou 4°.

Il est d'ailleurs permis de croire que c'est en activant localement la circulation capillaire que l'électricité et la chaleur activent aussi l'absorption ; les frictions appliquées au tégument externe semblent agir de la même manière.

X. Plusieurs autres influences, que nous allons rapidement signaler, peuvent encore faire varier les phénomènes d'absorption.

Toutes les fois, par exemple, qu'une sécrétion a été augmentée, l'absorption l'est aussi consécutivement dans certaines proportions : c'est l'observation de ce dernier rapport qui a conduit, en thérapeutique, à prescrire des purgatifs, des diurétiques, des sudorifiques aux individus atteints d'épanchements ou d'engorgements de diverse nature. On sait notamment avec quelle rapidité se résorbe parfois, sous l'influence de ces moyens, la sérosité amassée dans le péritoine ou dans d'autres cavités séreuses.

Tous les jours on voit des personnes, graduellement *habituées* à respirer l'air des marais ou celui des prisons et des hôpitaux encombrés, résister à une pareille influence, tandis que cet air produit des maladies graves, souvent mortelles chez

(1) *The Lancet*, t. I, p. 909.
(2) *Rech. expérim. sur l'absorption et l'exhalation.* Paris, 1824, in-8, 70 pages, 1 pl.

les sujets qui le respirent pour la première fois. Ici, en effet, l'habitude ne pourrait-elle être invoquée comme neutralisant les effets de l'absorption ?

Il est à remarquer que les diverses absorptions sont surtout très actives dans l'enfance, à cause des besoins pressants d'un organisme en voie de développement qu'elles conservent encore beaucoup d'énergie dans l'adolescence, pour diminuer à mesure qu'on approche de l'âge du retour et devenir très languissantes dans la vieillesse.

Les frictions médicamenteuses, qu'on pratique sur la peau plissée, desséchée et comme durcie des vieillards, ne sont presque d'aucun effet; et les maladies contagieuses, dont le principe est dans l'air atmosphérique, semblent les atteindre moins fréquemment que les jeunes sujets.

Les exercices violents, en produisant une déperdition considérable d'éléments organiques, doivent nécessairement activer le travail de nutrition et partant celui d'absorption ; aussi, en pareil cas, la sensation de la faim et la sensation de la soif reviennent-elles fréquentes et vives, comme conséquences d'une digestion et d'une absorption aussi faciles que promptes. Rappelons, en terminant, l'espèce d'antagonisme qui existe entre l'absorption digestive et l'absorption cutanée ou pulmonaire : on sait que l'interruption de la première rend les deux autres plus énergiques, ce qui explique le danger reconnu qu'il y a de s'exposer, à jeun, à l'action des miasmes paludéens ou autres (*).

INFLUENCE DU SYSTÈME NERVEUX SUR L'ABSORPTION.

Jusqu'à présent il n'a été fait que des tentatives bien incomplètes pour déterminer l'influence du système nerveux sur l'absorption. La conclusion la plus générale que j'aie pu tirer de mes propres expériences, c'est que, si la suppression de l'influence nerveuse n'empêche pas l'absorption, du moins elle la *ralentit*, mais seulement sans doute parce qu'elle entraîne un trouble circulatoire duquel résultent l'engorgement et la perméabilité moindre des tissus.

Brodie (1), ayant divisé complétement le plexus nerveux du membre antérieur chez un lapin, répandit du woorara dans une plaie faite à ce membre, et l'empoisonnement n'en eut pas moins lieu. Chez un autre lapin, il introduisit le même poison dans une plaie pratiquée sur le membre postérieur fortement étreint par une ligature qui ne comprenait point les principaux nerfs, et l'effet fut nul tant

(*) On ne possède que bien peu de notions sur les variations de l'absorption dans l'*état pathologique*. Suivant Broussais (a) « l'état de fièvre augmente toujours l'absorption. » Mais cette affirmation n'est appuyée d'aucune preuve ; elle nous paraît résulter d'une vue purement théorique. — Les recherches de Duchaussoy (b) tendent à établir que l'absorption n'a plus lieu chez les cholériques algides. Aussi cet observateur a-t-il proposé de pratiquer des injections veineuses dans le but d'introduire *directement* les médicaments dans l'économie, et de suppléer ainsi à l'absorption normale. Sans repousser en principe ces tentatives, on peut ne pas partager toutes les espérances qu'elles ont fait naître dans l'esprit de leur auteur. Si, en effet, la peau et les muqueuses n'absorbent plus dans le choléra algide, il faut bien se rappeler que les organes internes et les centres nerveux spécialement ont aussi perdu, en grande partie, leur pouvoir de réaction sur les médicaments, et que d'ailleurs la circulation si lente, si embarrassée dans cette période de la maladie, ne saurait plus guère conduire ces agents au contact des parties qu'ils devraient influencer.

(1) *Philos. Trans.*, p. 194 et suiv., année 1811.

(a) *Traité de physiol. appliq. à la pathol.*, t. II, p. 419. 2e édit., Paris, 1834.
(b) *Des injections faites dans les veines dans le traitement du choléra épidémique.* Paris, 1855.

que la ligature resta appliquée : aussitôt qu'elle fut enlevée, les accidents de l'intoxication se manifestèrent.

J'ai varié la première expérience de Brodie de la manière suivante : Sur deux chiens, je divisai tout le plexus nerveux qui se distribue au membre thoracique; puis, chez l'un, je versai aussitôt une solution concentrée de chlorhydrate de strychnine dans une incision faite à la partie inférieure du membre, en attendant néanmoins que tout écoulement sanguin eût cessé ; chez l'autre, j'attendis jusqu'au troisième jour pour pratiquer au même lieu une plaie, d'égale étendue, qui devait être mise en contact avec le poison. Dans le premier cas, les convulsions survinrent au bout de quelques minutes; dans le second, elles ne commencèrent à paraître que bien plus tard.

Après avoir injecté, à diverses reprises, une solution alcoolique de strychnine dans les voies respiratoires de chiens auxquels j'avais coupé la paire vague, j'ai obtenu des résultats analogues aux précédents, c'est-à-dire que constamment l'intoxication a été plus rapide le premier jour de l'opération que le second, et surtout que le troisième jour ; d'où il semble résulter qu'ici l'activité de l'absorption diminue en raison directe de l'engouement pulmonaire (1).

J'ai voulu également savoir si les poisons ingérés dans l'estomac, après la résection de la huitième paire, donneraient lieu ou non à leurs effets ordinaires. Dupuy (2) et Brachet (3) sont pour la négative ; J. Müller et Wernscheidt (4) se prononcent pour l'affirmative.

J'ai choisi deux chiens de même taille, qui avaient jeûné depuis environ trente-six heures, et, après avoir reséqué la paire vague de l'un, j'ai versé, à l'aide d'une sonde œsophagienne, dans l'estomac de chacun d'eux, une quantité égale d'un solutum assez concentré d'azotate de strychnine. Les accidents convulsifs sont apparus, chez le chien opéré, à peu près cinq minutes plus tard que chez celui qui servait de terme de comparaison ; du reste, dans les deux cas, les convulsions m'ont semblé avoir une égale intensité.

Une autre fois, en procédant de la même manière, j'ai administré une solution d'émétique : les nausées et les vomissements glaireux se sont encore manifestés, quelques minutes plus tard chez le chien qui avait subi la résection des pneumogastriques ; chez ce dernier aussi, les nausées étaient un peu moins fréquentes.

Quoi qu'il en soit de ces différences et de leurs causes, on voit que, dans les deux cas, l'absorption a eu lieu. Il est vrai qu'ici on ne peut pas conclure que cet acte soit indépendant de toute influence nerveuse, puisque de nombreuses divisions du grand sympathique avaient été forcément épargnées.

La même remarque s'applique aux expériences de Panizza (5). Ce physiologiste coupa sur des lapins tous les rameaux des nerfs trijumeau et facial qui se rendent à la lèvre supérieure ; puis, ayant touché la surface interne de cette partie avec de l'acide cyanhydrique, il vit l'empoisonnement survenir tout aussi vite que quand les nerfs précédents étaient intacts. Chez des chiens, il reséqua aussi les trois paires nerveuses qui se distribuent à la langue, et l'application de l'acide cyanhydrique sur cet organe tout seul n'en donna pas moins lieu aux accidents ordi-

(1) Voir mon *Traité d'anat. et de physiol. du syst. nerv.*, t. II, p. 303.
(2) *Expér. sur la section et la ligature des nerfs pneumogastriques.* Paris, 1816.
(3) *Rech. expérim. sur les fonct. du syst. nerv. gangl.*, 2e édit., p. 226.
(4) *Manuel de physiol.* de MÜLLER, trad. de Jourdan, t. I, p. 547.
(5) *Mem. dell' I. R. Istit. Lomb.*, 1841, t. I.

naires. Mais, dans ces cas encore, il restait tous les innombrables filets nerveux végétatifs qui, enlacés autour des parois artérielles, aboutissent aux parties indiquées.

S'il est expérimentalement démontré que l'intervention des nerfs cérébro-spinaux n'est pas indispensable pour que les actes d'absorption s'accomplissent, on est bien forcé d'avouer qu'on ignore quelle peut être ici la part du système nerveux ganglionnaire. Il est présumable que ce système n'influence l'absorption que *médiatement*, c'est-à-dire en modifiant d'abord la circulation capillaire et la vitalité des parties organiques.

THÉORIES DE L'ABSORPTION.

Si, dans les pages qui précèdent, il nous a été possible de démontrer que tous les tissus organiques jouissent à divers degrés du pouvoir absorbant; de faire connaître les agents vasculaires plus spécialement chargés de compléter l'absorption soit des fluides étrangers, soit des matières propres à l'organisme lui-même; de déterminer, relativement à l'acte qui nous occupe, l'influence de la nature des tissus, de leur épaisseur, de leur perméabilité, de leur vascularité plus ou moins grande, et aussi du degré de miscibilité de la substance dissoute avec les liquides organiques; si cette tâche a été comparativement assez facile, il n'en est pas de même du problème aussi important qu'obscur qui nous reste à aborder, nous voulons parler du *mécanisme de l'absorption* ou de la force qui y préside.

I. Il est une théorie, fort en faveur parmi les anciens anatomistes, dans laquelle on gratifie l'origine des lymphatiques et des veines (vaisseaux absorbants) de prétendues *bouches absorbantes* qui, agissant à la manière de sangsues intelligentes, seraient douées de la faculté de *choisir* et d'aspirer ce qui doit être introduit dans le domaine circulatoire. Cette théorie (que l'observation directe a complétement infirmée (*) et qui est démentie par les phénomènes de l'empoisonnement) a été étendue aux végétaux eux-mêmes par divers physiologistes qui ont attribué aux racines et à leurs prétendus suçoirs la faculté de faire un choix dans les substances liquides, et de prendre seulement celles qui peuvent servir à la nutrition. C'est encore là une pure fiction que sont venues détruire les expériences de Th. de Saussure (1), C.-J. Jæger (2), J.-F. Becker (3), Schreibers (4), Goeppert (5), Marcet jeune (6), etc., expériences intéressantes et nombreuses, desquelles il résulte que des plantes ont absorbé des principes vénéneux très divers, et que cette absorption a exercé sur elles une influence plus ou moins délétère et funeste.

Il faut donc s'adresser à une autre théorie que celle des *bouches absorbantes* douées d'une sensibilité spéciale, quand il s'agit d'expliquer comment les liquides,

(*) Voir plus haut page 338 et suiv.

(1) *Recherches chimiques sur la végétation.* Paris, 1804.

(2) *Dissert. de effectibus arsenici in varios organismos, nec non de indiciis quibusdam veneficii ab arsenico illati.* Tubingæ, 1808.

(3) *De acidi hydrocyanici vi perniciosa in plantas.* Ienæ, 1823.

(4) *Ibid.*, Ienæ, 1825.

(5) *De acidi hydrocyanici vi in plantas.* Breslau, 1827.

(6) *Mém. sur l'action des poisons sur le règne végétal*, dans *Mém. de la Soc. de phys. et d'hist. nat. de Genève*, 1824, *Biblioth. univ.*, t. XXXI, p. 244, — et dans *Ann. de phys. et de chim.*, t. XXV, p. 209.

soumis à l'absorption, peuvent s'introduire à travers les tissus de la matière organisée : à l'hypothèse des bouches absorbantes ont succédé les théories physiques de l'*imbibition* et de l'*endosmose*.

Dans l'examen de ces théories, nous nous appliquerons à ne jamais oublier que l'être vivant est en effet sous l'empire des lois physico-chimiques ; mais nous nous rappellerons aussi que, tandis que les corps bruts leur obéissent exclusivement, les animaux et les plantes reconnaissent encore d'autres lois qui sont celles de la vie.

II. L'*imbibition*, ou pénétration progressive d'un liquide dans une trame organique, doit être considérée comme l'élément initial de toute absorption ; cette dernière consistant surtout dans le passage, à travers les parois vasculaires, des fluides placés en dehors de ces parois. Du reste, la force qui attire les liquides dans une partie organisée et vivante, est, aux yeux de divers physiologistes, la même qui les introduit dans les tubes capillaires : l'absorption elle-même serait un pur effet de la capillarité.

Exposons d'abord les faits qu'on a invoqués pour établir l'existence de l'imbibition, et nous démontrerons ensuite l'insuffisance d'une théorie basée sur ces faits pour expliquer les divers phénomènes de l'absorption proprement dite.

Magendie (1), un des premiers, a fixé l'attention des physiologistes sur le passage des liquides au travers des tissus *par imbibition*. Pour en donner une démonstration expérimentale, il prit un jeune chien, mit à découvert l'une des veines jugulaires et l'isola parfaitement dans toute sa longueur. Après l'avoir dépouillée avec soin du tissu cellulaire et de quelques petits vaisseaux qui s'y ramifiaient, il la plaça sur une carte, afin qu'elle n'eût aucun contact avec les parties environnantes ; alors il laissa tomber à sa surface, et vis-à-vis le milieu de la carte, une dissolution aqueuse, épaisse, d'extrait alcoolique de noix vomique. Avant la quatrième minute, les effets toxiques se développèrent, d'abord faibles, mais bientôt très intenses : le poison avait donc pénétré dans le torrent circulatoire.

En expérimentant sur la carotide, les effets du poison furent plus tardifs : ce ne fut qu'après plus d'un quart d'heure que la dissolution de noix vomique traversa les parois artérielles pour venir se mêler au sang.

Dans une autre expérience, un tube de verre fut adapté à chaque extrémité d'une portion de veine jugulaire externe prise sur un chien, puis on fit passer un courant d'eau tiède, la veine elle-même étant plongée dans un vase renfermant une liqueur légèrement acide ; bientôt on reconnut que l'eau, qui avait traversé la veine, était devenue acide à son tour. L'effet fut le même en expérimentant avec des veines ou des artères provenant de cadavres humains.

Fodera (2), qui s'est proposé de démontrer que l'absorption, qu'il appelle *imbibition*, et l'exhalation, qu'il nomme *transsudation*, ne sont qu'un même phénomène dû à l'imbibition des différents vaisseaux, opérant, dans le premier cas, de l'extérieur du vaisseau à l'intérieur, et, dans le second, de l'intérieur à l'extérieur ; Fodera, dis-je, a fait des expériences inverses des précédentes pour arriver

(1) *Mémoire sur le mécanisme de l'absorption chez les animaux à sang rouge et chaud*, dans *Journ. de physiol. expérim.*, t. I, p. 10 et suiv. ; lu à l'Acad. des sciences de Paris, en octobre 1820.

(2) *Rech. expérim. sur l'absorption et l'exhalation*. Paris, 1824, in-8, 70 p., 1 pl.

au même but. Il a injecté une substance vénéneuse, avec toutes les précautions convenables, à l'intérieur d'une portion d'artère comprise entre deux ligatures, et isolée de son tissu cellulaire, de ses lymphatiques et de ses *vasa vasorum* ; l'empoisonnement a eu lieu. Il a obtenu le même résultat en remplissant de poison une portion d'artère ou de veine, une anse d'intestin, les enlevant et les plaçant soit à la surface d'une plaie faite à un autre animal, soit dans la cavité abdominale. Dans ces diverses expériences, la rapidité de l'empoisonnement a paru varier selon l'âge et l'espèce de l'animal, l'épaisseur et la longueur de la portion de vaisseau ou d'intestin, sa distension plus ou moins considérable, la dissolution plus ou moins parfaite de la matière injectée, etc.

Fodera a vu aussi des gaz être absorbés de la même manière : il a placé dans la cavité péritonéale d'un lapin de l'hydrogène sulfuré renfermé dans une anse d'intestin enlevée à un autre animal ; au bout de quelque temps, les signes d'empoisonnement se manifestaient, et l'hydrogène sulfuré ne se retrouvait plus dans l'anse intestinale.

Ayant injecté dans la cavité gauche du thorax d'un lapin une solution de prussiate de potasse, et dans le péritoine une solution de sulfate de fer, le même expérimentateur a tenu ensuite l'animal penché pendant trois quarts d'heure sur le côté gauche. Au bout de ce temps, l'autopsie étant faite, il a vu le diaphragme, le médiastin, les glandes lymphatiques sous-sternales et mésentériques, la membrane péritonéale de l'estomac et du duodénum, le ligament suspenseur du foie et l'épiploon, teints d'une belle couleur bleue.

L'auteur de ces expériences conclut que l'absorption et l'exhalation, dépendant de la capillarité des tissus, ont lieu par imbibition et par transsudation, et qu'ainsi elles rentrent dans la classe des phénomènes purement capillaires.

Antérieurement à Magendie et à Fodera, Lebküchner (1) avait déjà exécuté de nombreuses expériences pour établir la perméabilité des divers tissus de l'économie animale, propriété que d'ailleurs personne ne songeait à révoquer en doute, au moins sur le cadavre. Nous croyons devoir mentionner quelques-unes de ces expériences comme étant les premières en date ; plusieurs ont été faites sur le vivant.

Lebküchner a enlevé des lambeaux de *peau* sur différentes régions du corps de l'homme ou des animaux, et il a vu les liquides imbiber et traverser cette membrane. Du prussiate de potasse dissous l'a pénétrée en cinq heures, et une dissolution de sulfate de cuivre ammoniacal seulement en deux jours. Dans une autre expérience, une solution de prussiate de potasse a pénétré à travers un lambeau de peau de la jambe d'un cadavre humain, en huit ou neuf heures. Le même observateur lotionne la peau du ventre, chez des lapins, avec des solutions d'acétate de plomb, de prussiate de potasse, de chlorure de baryum, etc., et constate la présence de ces divers sels dans le sang ; en plongeant dans l'hydrogène sulfuré le tissu cellulaire sous-cutané des lapins morts empoisonnés par l'acétate de plomb, il voit ce tissu devenir noir, et accuser ainsi la présence du plomb par la formation du sulfure de plomb.

Les *membranes muqueuses*, avec les parties immédiatement sous-jacentes, jouissent, à un assez haut degré, de la perméabilité aux divers liquides : si l'on

(1) *Dissertatio quâ experimentis eruitur, utrum per viventium adhuc animalium membranas atque vasorum parietes materiæ ponderabilis illis applicatæ permeare queant, nec ne.* Tubingue, 1819.

injecte, dans la cavité intestinale d'un lapin, des dissolutions de sulfate de fer et de prussiate de potasse, on constate une teinte bleue à la surface externe de l'intestin après huit minutes ; met-on les mêmes solutions en contact avec sa paroi externe, sa cavité se colore également en bleu après seize minutes. De l'encre introduite dans un intestin grêle, en traverse les parois moins rapidement.

Quand on remplit d'acide carbonique une portion de *veine* iliaque d'un cadavre, l'eau de chaux dans laquelle on place le vaisseau se trouble notablement. Si, pendant dix minutes, ajoute Lebküchner, on met une dissolution de prussiate de potasse en contact avec l'extérieur de la veine jugulaire gauche d'un lapin, et qu'avant de sacrifier l'animal, on tire une petite quantité de sang de la carotide ou de la jugulaire droite, le sérum des deux sangs renferme du prussiate de potasse. Le cuivre ammoniacal, l'émétine, l'acide prussique, l'extrait d'angusture vireuse, etc., passent également dans le sang à travers les *parois des veines*, chez les animaux vivants.

De l'acide prussique appliqué sur l'*artère* carotide d'un mammifère quelconque a toujours produit presque immédiatement des symptômes d'empoisonnement. Après quinze minutes, il s'est déclaré des mouvements convulsifs, lorsqu'on a expérimenté avec une décoction concentrée d'angusture vireuse.

Les *membranes séreuses* sont aussi perméables aux liquides : une dissolution de sulfate de fer ayant été versée dans l'abdomen d'un chat, on reconnut, après dix minutes, que la face externe du péritoine devenait bleue par le contact du prussiate de potasse ; du fiel de bœuf traversa le péritoine en douze minutes, et une dissolution d'un sel de cuivre, en deux minutes. Une solution de prussiate de potasse ayant été injectée dans la cavité droite du thorax d'un lapin, ce sel apparut au bout de trois minutes, sur la paroi gauche intacte du médiastin.

Telles sont les principales expériences de Lebküchner, dont quelques-unes, on le voit, n'ont pas toujours été rapportées à leur véritable auteur.

Il résulte des recherches de Chevreul (1) que des matières animales différentes s'imbibent de quantités diverses d'un même liquide, et qu'une même substance animale desséchée s'imbibe de quantités différentes de liquides, selon la nature de ceux-ci :

	Absorbent en vingt-quatre heures :		
	Eau.	Solution saline.	Huile.
100 grammes de cartilage de l'oreille. .	231	125	»
— de tendon.	178	114	8,6
— de ligaments jaunes	148	30	7,2
— de tissu corné.	461	370	9,1
— de ligaments cartilagineux.	319	»	3,2
— de fibrine desséchée. . . .	301	154	»

D'après Liebig (2), l'eau distillée est de tous les liquides celui qui pénètre les membranes organiques dans les plus fortes proportions, et les dissolutions salines le font en quantité d'autant moindre que la proportion de substance saline y est plus considérable ; un mélange d'eau et d'alcool entre dans les tissus avec d'autant plus de facilité et en quantité d'autant plus grande qu'il renferme moins d'alcool, etc.

(1) *Mémoires du Muséum d'histoire naturelle*, t. XIII.

(2) *Recherches sur quelques-unes des causes du mouvement des liquides dans l'organisme animal.* (*Annales de chimie et de physique*, 1849, 3e série, t. XXV, p. 367.)

100 parties, en poids, de vessie de bœuf desséchée s'imbibent, en vingt-quatre heures, de :

	Volumes.
Eau pure	268
Dissolution concentrée de chlorure de sodium (poids spécifique, 1,204)	133
Esprit-de-vin à 84 pour 100	38
Huile extraite des os	17

100 parties, en poids, de vessie de bœuf s'imbibent, en quarante-huit heures, de :

	Volumes.
Eau distillée	310
Mélange d'un tiers d'eau et de deux tiers de solution saline	219
— d'un demi d'eau et d'un demi de solution saline	235
— de deux tiers d'eau et d'un tiers de solution saline	288
— d'un tiers d'alcool et d'un demi d'eau	60
— d'un tiers d'alcool et de deux tiers d'eau	181
— d'un quart d'alcool et de trois quarts d'eau	290

100 parties, en poids, de vessie de porc desséchée attirent en vingt-quatre heures :

	Volumes.
Eau distillée	356
Eau saturée de chlorure de sodium	159
Huile extraite des os	14

Il résulte aussi des expériences de Liebig (1) que la force ou le degré de *pression* nécessaire pour faire transsuder les divers liquides à travers les membranes est subordonné non-seulement à l'épaisseur de ces dernières, mais encore à la nature chimique des liquides eux-mêmes. Voici quelques-uns des résultats obtenus par le chimiste allemand :

A travers une vessie de bœuf de $1^{mm},128$ d'épaisseur,

	m.
L'eau transsude sous une pression de	0,324 de mercure.
Une solution saline	0,487 à 0,541
L'huile	0,920
L'alcool	1,298

A travers une portion de péritoine de $0^{mm},11$ d'épaisseur :

	m.
L'eau transsude sous une pression de	0,216 à 0,270 de merc.
Une solution saline	0,324 à 0,433
L'huile	0,595 à 0,649
L'alcool	0,974 à 1,082

D'ailleurs, la pression nécessaire pour faire passer un liquide à travers un tissu animal déterminé ne reste pas la même pendant toute la durée de l'expérience :

(1) *Loc. cit.*

ainsi, pour l'eau, cette pression étant, pendant les six premières heures, de 0m,324 de mercure, sera, après vingt-quatre à trente-six heures, seulement de 0m,162 à 0m,216, etc.

L'imbibition se fait avec plus de facilité quand la *température* offre une certaine élévation : il est facile de s'en convaincre en plongeant, à l'exemple de Matteucci et de Cima (1), des tubes remplis de sable fin dans de l'eau à des températures variant entre + 55 et + 15 degrés centigrades.

	Élévation après 70 secondes.	Élévation après 11 minutes.
Tube à + 55° centigr.	10 millim.	175 millim.
Tube à + 15° —	6 —	12 —

Prend-on deux verres dont l'un contient de l'eau à 60°, et l'autre de l'eau à 15°, si l'on vient à placer dans chacun les extrémités d'un linge, on observe que le liquide dont la température est la plus élevée imbibe le linge beaucoup plus promptement que l'autre (2).

L'imbibition varie donc d'énergie suivant la nature des tissus et des liquides mis en présence; elle varie encore avec leur température, avec la durée du contact et le degré de pression employée.

La *théorie de l'imbibition* est un exemple de l'abus qu'on a fait des causes physiques pour expliquer les actes physiologiques. Assurément, l'imbibition joue un rôle dans l'accomplissement des phénomènes de l'absorption; mais il faut bien se garder de croire, avec certains physiologistes, qu'elle soit *toute* l'absorption, alors qu'en réalité elle n'en est, pour ainsi dire, que le prélude. S'agit-il, par exemple, du pouvoir absorbant de la peau, s'exerçant dans le bain, il faut, sans aucun doute, que d'abord l'eau imbibe et ramollisse l'épiderme avant de s'introduire, par absorption, dans les vaisseaux du derme et dans le torrent circulatoire. Mais déjà cette imbibition préalable perd beaucoup d'importance si, au lieu de la peau recouverte de son épiderme desséché, il s'agit de la plupart des autres tissus organiques qui, dans l'état de vie, sont constamment humectés de liquides; en effet, l'absorption, qui consiste essentiellement dans le passage, à travers les parois vasculaires, des fluides placés en dehors d'elles, peut s'opérer ici d'une manière presque immédiate.

Comment croire que l'absorption *se réduise* à un simple phénomène de capillarité, d'imbibition des membranes et de mélange de deux liquides miscibles, quand s'offrent tant d'exemples qui mettent en échec une opinion aussi exclusive et aussi oublieuse des manifestations de la vie?

Admettons qu'en effet l'absorption par les veines et l'absorption par les lymphatiques se fassent de la même manière, c'est-à-dire par imbibition pure et simple de leurs parois. Alors, comment expliquer que, ces deux ordres de vaisseaux étant plongés dans la profondeur des tissus au sein de mêmes liquides, les lymphatiques absorbent de préférence tout ce qui est encore apte à être utilisé et à devenir fluide nutritif, tandis que les veines s'emparent plus spécialement des matériaux qui doivent être rejetés comme inutiles par les voies excrétoires? Si, comme on n'a pas craint de l'avancer, l'absorption par les tissus vivants est semblable à l'imbibi-

(1) Matteucci, *Leçons sur les phénomènes physiques des corps vivants*, p. 24.
(2) Magendie, *Leçons sur les phénomènes physiques de la vie*, t. I, p. 27.

tion qui s'opère dans les mailles d'une éponge, on ne comprend que le mélange de liquides passant indistinctement dans les vaisseaux environnants, et non l'espèce d'élection ou de choix qui vient d'être signalé, choix d'ailleurs indispensable à l'entretien de la vie. Si quelqu'un de ceux qui ne veulent rien laisser à l'action vitale, dans l'accomplissement de nos fonctions, venait dire que ce prétendu choix résulte simplement de ce que les veines et les lymphatiques peuvent être inégalement *mouillés* par les liquides ambiants, ne serait-il pas permis de ne voir là encore qu'une hypothèse gratuite et inventée pour le bien de la cause?

Si l'absorption n'était qu'un phénomène d'imbibition, verrait-on dans les résultats de l'une et de l'autre d'aussi frappantes différences? Tandis que, par exemple, dans l'accomplissement de l'absorption, le liquide, qui pénètre molécule à molécule dans un tissu, et de là dans les voies de la circulation, peut parfois être profondément modifié par ce tissu qui lui emprunte ou lui cède quelques principes ; on constate, d'autre part, que, dans l'imbibition, jamais il ne s'opère aucun changement appréciable ni de constitution moléculaire, ni de composition. En un mot, si, au delà du tissu absorbant et doué de la vie, le liquide absorbé peut être tout à fait transformé, rien de pareil ne s'observe dans l'imbibition, qui n'est qu'un phénomène purement physique.

On connaît toutes les variations, et, pour ainsi dire, tous les caprices que présentent les phénomènes physiologiques sous bien des influences inconnues dont plusieurs appartiennent à l'ordre moral. L'absorption aussi, tantôt très active, tantôt ralentie et d'autres fois presque nulle, n'échappe pas à de pareilles influences. Les forces physiques admettent-elles de semblables irrégularités dans les phénomènes qu'elles tiennent sous leur dépendance exclusive?

Il est à peine besoin de mentionner ici l'intervention d'une autre cause auxiliaire invoquée par ceux qui ont bien voulu reconnaître l'insuffisance de l'imbibition ; je veux parler de la *pression*. Évidemment, si la pression peut aider l'imbibition, elle ne saurait pas plus que cette dernière fournir l'explication des faits qui nous occupent.

Entre les liquides extérieurs et ceux qui circulent dans les vaisseaux, s'opèrent, dans l'état de vie, des échanges incessants et d'autant plus marqués, que, dans la partie qui en est le siége, existent des courants vasculaires plus nombreux et plus rapides. Est-ce l'*imbibition* qui viendra expliquer pourquoi, dans le mélange de deux liquides s'effectuant à travers une membrane, il y a courant dans un sens plutôt que dans l'autre; pourquoi, dans l'organisme vivant, il y a plutôt prédominance d'action de dehors en dedans que de dedans en dehors? Ici encore il faut bien reconnaître le vide d'une pareille théorie pour rendre compte de la marche particulière à ces phénomènes. Aussi a-t-on fait intervenir une force nouvelle, l'*endosmose* (*), qui, au dire de Dutrochet (1), ne serait autre que « l'agent immédiat du mouvement vital », force de laquelle beaucoup de physiologistes ont cru pouvoir déduire une explication universelle des phénomènes de l'absorption dans les animaux et les plantes.

III. Soit un tube de verre adapté inférieurement à une petite cloche à tubulure que ferme, en dessous, une membrane animale ou végéta'e : cet appareil a reçu

(*) Ἔνδον, dedans ; ὠσμὸς, impulsion.

(1) *Agent immédiat du mouvement vital, dévoilé dans sa nature et dans son mode d'action chez les végétaux et chez les animaux*. Paris, 1826, in-8. — Voir aussi les *Mémoires de* DUTROCHET, t. I, p. 1 et suiv. Paris, 1837.

le nom d'*endosmomètre*. Si l'on y introduit de l'eau gommée, par exemple, et qu'on plonge l'instrument dans un vase contenant de l'eau distillée, les deux liquides tendront à se mélanger, et à cet effet il s'établira à travers la membrane un double courant : l'un de dehors en dedans, c'est-à-dire de l'eau pure vers l'eau gommée, et l'autre de dedans en dehors, de l'eau gommée vers l'eau pure. Mais le premier courant (*endosmose*) ayant la prédominance sur le second (*exosmose*), il en résultera une augmentation notable dans le volume du liquide que contient l'endosmomètre; en même temps, l'eau distillée du vase extérieur aura perdu sa pureté et contiendra de la gomme. — Des effets semblables ont lieu entre l'alcool et l'eau, entre celle-ci et une solution aqueuse d'albumine, de sucre, de sels, etc.

L'*endosmose* (phénomène purement physique dans lequel deux liquides miscibles se mélangent à travers un diaphragme, avec production de deux courants dont l'un prédomine) avait été entrevue, dès 1822, par Fischer (1), de Breslau. « Un jour, dit cet observateur, j'avais placé dans une dissolution d'un sel de cuivre un tube de verre rempli d'eau et fermé par en bas avec une vessie, de telle manière que la surface de la dissolution était d'un pouce plus élevée que l'eau dans le tube. Je fus bientôt étonné de voir que le liquide s'était élevé dans le tube, et à une hauteur telle, que le niveau n'était pas seulement devenu le même que celui du liquide extérieur, mais qu'au bout de quelques semaines il s'était élevé (contre les lois de la pesanteur) jusqu'à l'ouverture supérieure du tube, c'est-à-dire plus de quatre pouces au-dessus du niveau de la dissolution. »

Cette expérience eût probablement conduit son auteur à la découverte des phénomènes généraux de l'endosmose, s'il l'eût suivie avec plus d'attention ; mais il n'a vu que la moitié du phénomène principal, et s'est contenté d'annoncer le fait isolé et incomplet qu'il avait obtenu, sans chercher à remonter à sa cause. On sent combien il y a loin de là à la découverte du nouvel ordre de faits dont la science est redevable à Dutrochet (2).

C'est après avoir remarqué que de petites vésicules organiques, complétement closes et plongées dans l'eau, absorbaient de ce liquide et en même temps laissaient échapper de leur contenu, que Dutrochet fut amené à construire l'*endosmomètre*, et à varier, à l'aide de cet instrument, ses ingénieuses expériences sur l'*endosmose* dont les conditions générales sont que *les deux liquides de nature différente puissent mouiller la substance intermédiaire, et que, doués d'attraction l'un pour l'autre, ils puissent aussi se dissoudre.*

Avant d'examiner les applications qui ont été faites de l'endosmose pour expliquer le mécanisme de l'absorption dans les deux règnes organiques, nous croyons devoir rappeler sommairement les diverses conditions, jusqu'à présent connues, qui régissent les phénomènes endosmotiques ou qui les font varier, et mentionner aussi les différentes théories qu'on a proposées pour rendre compte de ces phénomènes.

1° Nous venons de dire que la première condition pour que l'endosmose se produise, c'est que les liquides hétérogènes mis en présence soient susceptibles de se dissoudre réciproquement : aussi l'huile et l'eau, qui n'ont aucune attraction l'une pour l'autre, ne s'endosmosent-elles pas. Nous avons également posé, comme condition essentielle, que les deux liquides puissent *mouiller*, dans des propor-

(1) *Annales de chimie de* Gilbert, 1822, t. LXXII.
(2) *Loc. cit.*—Communication faite à l'Acad. des sc. de Paris, dans sa séance du 30 octobre 1826.

tions différentes, le diaphragme qui les sépare ; et, en effet, l'endosmose ordinairement si facile, notamment entre l'eau pure et l'eau sucrée ou salée, n'a plus lieu si l'on ferme le réservoir de l'endosmomètre avec du taffetas gommé ou avec tout autre tissu huilé ou verni.

Pour que les phénomènes endosmotiques (qui normalement s'arrêtent seulement par suite du mélange accompli entre les liquides) ne soient pas interrompus dans leur cours, il importe que ni les liquides, ni leur mélange commencé ne puissent agir chimiquement sur la substance intermédiaire en la décomposant. Pourtant, telle n'est pas la manière de voir de Graham qui, tout récemment encore, a cru devoir faire jouer ici un rôle à la force électro-chimique. Le diaphragme, suivant le savant anglais, subit pendant toute la durée de l'action une décomposition ou une réaction chimique qui lui semble indispensable à la production de l'endosmose. Mais, si cette décomposition était réellement nécessaire, il s'ensuivrait qu'avec les substances propres à l'activer, on devrait obtenir un mouvement endosmotique plus prononcé, et *vice versâ*. Or, les choses sont loin de se passer ainsi : l'acide oxalique, par exemple, qui produit si énergiquement l'endosmose, a si peu d'influence sur la décomposition de la membrane organique interposée, qu'au bout de trois mois l'aspect et l'odeur de cette dernière sont les mêmes, et que la solution d'acide oxalique (au quinzième) a même été proposée par Lhermite (1) comme moyen de conservation des tissus organiques.

On ne saurait plus aujourd'hui, ainsi qu'on le fit d'abord, considérer l'inégale densité des liquides comme la cause essentielle qui détermine la *direction* des courants endosmotiques, et dire que le courant prédominant marche nécessairement et toujours du liquide le moins dense vers celui qui l'est davantage. En effet, en expérimentant sur l'alcool et l'eau séparés par une membrane animale, on constate que le courant le plus fort s'établit généralement de l'eau vers l'alcool, quoique la densité de ce dernier liquide soit inférieure à celle du premier ; il en est aussi de même de l'alcool et de l'éther, c'est-à-dire que le courant prédominant se dirige de l'alcool, qui est plus dense, vers l'éther qui l'est moins. Nous verrons plus loin que, dans certaines conditions, il en est encore ainsi de l'eau et de plusieurs dissolutions acides. Cela prouve bien que la direction du courant prédominant se rattache à des conditions indépendantes de la densité, à des qualités propres à certains liquides.

L'expérimentation a également démontré qu'en faisant usage de solutions de gélatine, de gomme, de sucre ou d'albumine, de même densité (1,01) pour opposer, dans l'endosmomètre, chacune d'elles à de l'eau distillée, on trouve qu'au point de vue de l'*intensité endosmotique*, il y a des différences suivant la solution employée ; qu'ainsi ces quatre solutions doivent être placées dans l'ordre et dans les rapports suivants : eau gélatineuse, 3 ; eau gommée, 5,17 ; eau sucrée, 11 ; eau albumineuse, 12 (2). De ces diverses substances organiques l'*albumine* est donc celle qui a le plus grand pouvoir d'endosmose, c'est-à-dire qui exerce ici l'attraction la plus énergique sur l'eau pure (*). — Nous croyons devoir ajouter que l'iné-

(1) *Recherches sur l'endosmose*, dans *Ann. des sc. nat.*, 4e série, t. III.

(2) Dutrochet, *Mém. pour servir à l'hist. nat. et physiol. des végétaux et des animaux*, t. I, p. 46. Paris, 1837.

(*) Jolly (*Zeitschrift für rationnelle Medicin*, t. VII, p. 83, 1848) s'est appliqué à déterminer le pouvoir d'endosmose d'un certain nombre de substances. A cet effet, ayant placé, dans des tubes fermés par une membrane, divers corps à l'état solide, il plonge ces tubes dans un vase contenant de l'eau distillée : bientôt celle-ci imbibe la membrane et la traverse pour s'introduire peu à peu et

galité de densité, entre les liquides mis en présence, est si peu une condition nécessaire d'endosmose, que ce phénomène se produit entre des dissolutions de sel, de sucre ou d'albumine qui marquent le même degré à l'aréomètre : en pareil cas, c'est la dissolution de sucre ou de sel qui constamment se dirige, par endosmose, vers celle d'*albumine* (*).

Diverses conditions, autres que la *nature* du corps vers lequel le courant s'établit, peuvent aussi imprimer des variations aux phénomènes d'endosmose.

a. — Et d'abord, rappelons que ces phénomènes sont manifestement influencés par la température : toutes choses égales d'ailleurs, ils sont plus rapides si la température est élevée que si elle est basse. A propos d'expériences d'endosmose entre certaines solutions acides et l'eau, nous verrons plus loin que l'élévation de la température favorise l'endosmose vers l'acide, tandis que l'abaissement de la température favorise l'endosmose vers l'eau.

b. — Au début d'une expérience d'endosmose, alors que les différences entre les deux liquides sont encore au maximum, l'action s'opère avec rapidité ; puis elle se ralentit au fur et à mesure que ces différences tendent à s'effacer par le mélange. Mais il n'en est plus ainsi quand l'un des liquides se renouvelle de ma-

en quantité variable dans chaque tube. Pesant alors le contenu, et retranchant du poids obtenu le poids du corps mis en expérience, on connait la quantité exacte d'eau distillée que chacune des substances a pu attirer vers elle. Jolly a ainsi reconnu que 1 gramme de chlorure de sodium attire 4 grammes d'eau ; que l'*équivalent endosmotique* de ce dernier sel étant 4, celui du sulfate de cuivre est 9,5, celui du sulfate de magnésie 11,5, du sulfate de soude 12,4, de la gomme 11,8, de l'azotate de potasse, 20, etc. Ainsi plus il s'est introduit d'eau dans le tube, plus l'équivalent endosmotique du corps employé a été réputé considérable. — Mais il faut bien ici faire quelques réserves, car il est à croire que tout n'est pas dû à l'endosmose et qu'un phénomène de solubilité vient compliquer les résultats obtenus.

(*) Après avoir constaté que c'est l'*albumine* qui exerce l'attraction la plus considérable sur les liquides aqueux, DUTROCHET n'a point recherché s'il y avait passage ou non de l'albumine à travers les membranes animales.

Cette recherche a été faite ultérieurement par MIALHE (voy. le journal *l'Union médicale*, juillet 1852, et *Chimie appliquée à la physiologie et à la thérapeutique*, p. 134 et suiv., Paris, 1856), qui affirme que, *dans aucun cas, l'albumine, soit du blanc d'œuf, soit du sérum du sang, n'a traversé ces sortes de membranes.* « Si, dit cet observateur, l'albumine était endosmotique aussi bien que les liquides aqueux des humeurs animales, elle ne pourrait se maintenir dans le système circulatoire, elle traverserait constamment les parois des vaisseaux qui la contiennent, se répandrait dans tout l'organisme, et irait *se perdre dans les produits de sécrétion.* Or c'est ce qui n'arrive jamais *dans l'état physiologique* ([a]) : il est parfaitement établi que « les liquides des excrétions » sont les seuls où l'on remarque l'absence totale de l'albumine (DUMAS). » — Les liquides albumineux de l'économie animale, échappant aux lois de l'endosmose, se trouvent ainsi dans des conditions différentes des liquides aqueux ordinaires. »

Je me bornerai ici à rappeler deux des expériences de MIALHE : Un œuf dont la coquille avait été brisée et la membrane mise à découvert à l'une de ses extrémités fut submergé dans un vase rempli d'eau. Au bout de cinq heures, l'eau du vase avait pénétré dans l'œuf de manière à augmenter de 2 grammes le poids de ce dernier, et à déterminer une hernie volumineuse de la membrane. Évidemment il y avait eu *endosmose ;* mais y avait-il eu *exosmose* des substances contenues dans l'intérieur de l'œuf? Oui, pour les matières salines que l'œuf tient en dissolution ; l'eau du vase était devenue, en effet, alcaline au papier de tournesol et verdissait le sirop de violette. Non, pour l'albumine elle-même ; car, jamais, dans des expériences multipliées, les réactifs n'ont pu faire constater la moindre trace d'albumine dans l'eau du vase, tant que la membrane n'a pas été rompue. — Un autre œuf dont la coquille avait été cassée aux deux extrémités fut vidé, complétement rempli de sérum du sang, puis plongé dans l'eau par l'extrémité garnie de sa membrane ; les résultats furent encore exactement les mêmes. Après six et huit heures d'immersion, le sérum avait cédé à l'eau du vase tous ses éléments salins (carbonates, chlorures, sulfates, phosphates), qui se reconnaissaient aisément par leurs réactifs particuliers, mais pas un atome d'albumine n'avait traversé la membrane.

([a]) Cette assertion nous paraît exagérée, puisque le fluide pancréatique, la salive, le lait, le sperme, les humeurs de l'œil, les liquides des membranes séreuses et synoviales et contiennent normalement de l'*albumine coagulable*.

nière à rétablir toujours d'un côté les mêmes conditions du phénomène ; l'endosmose offre alors une grande célérité et une longue durée, comme le témoignent les expériences de Bacchetti (1). Liebig (2) a constaté que lorsqu'un intestin est rempli d'eau pure, et qu'un courant d'eau salée est entretenu autour de lui, l'augmentation en volume de l'eau salée se fait dans un temps beaucoup plus court que quand ce liquide est immobile. La rapidité de transsudation diminue avec la différence de composition primitive des deux liquides : au commencement, elle est au maximum, mais elle diminue à mesure que l'eau salée perd de sa densité. L'action est la plus intense quand l'eau pure, qui s'est mêlée à l'eau salée, est constamment enlevée de manière que la concentration de la dissolution saline soit maintenue invariable. Il n'est pas difficile de pressentir les applications qu'on a dû faire de pareilles observations aux actes de l'absorption chez les animaux.

c. — Dutrochet (3) a établi que les membranes animales et végétales ne jouissent pas seules du privilége de produire l'endosmose : avec des lames très minces d'ardoise calcinée, d'argile cuite et en général de substances alumineuses, ce phénomène a lieu, mais à un degré relativement très faible.

d. — Il est digne de remarque que, quelle que soit la nature, minérale ou organique, de la cloison poreuse de l'endosmomètre, il suffit de la plus légère trace d'acide sulfhydrique pour empêcher complétement l'endosmose, ou pour l'arrêter dans son cours quand elle a commencé à se produire (4). Prend-on un endosmomètre dont la membrane a été au contact de l'acide sulfhydrique, et, après avoir bien lavé celle-ci avec de l'eau pure, vient-on à remplir le réservoir de l'instrument avec de l'eau chargée d'un vingtième en poids de gomme arabique, il n'y a aucun effet endosmotique vers la solution gommeuse. En laissant tremper dans l'eau pure, pendant vingt-quatre heures, le réservoir de l'endosmomètre avec sa membrane, et en répétant la même expérience que précédemment, on observe l'endosmose, mais ses effets sont encore moindres que dans les conditions ordinaires. Emploie-t-on un endosmomètre, dont le réservoir est fermé avec une lame d'argile cuite, on arrive aux mêmes résultats. Ces expériences prouvent, dit Dutrochet, que c'est à la seule présence de l'acide sulfhydrique dans les conduits capillaires de la cloison de l'endosmomètre qu'est due l'abolition de l'endosmose, et ce dernier résultat tend lui-même à établir que c'est spécialement dans ces conduits capillaires que réside la force qui donne lieu aux phénomènes endosmotiques. — D'après ce qui précède, on a cru devoir attribuer à la présence de l'acide sulfhydrique ce qu'on observe dans les expériences d'endosmose quand la membrane ou les liquides commencent à subir la décomposition putride ; alors l'endosmose n'a plus lieu, et le liquide, qui s'était élevé dans le tube, redescend et filtre à travers la membrane de l'endosmomètre.

Selon Poiseuille (5), le chlorhydrate de morphine, ajouté à une solution saline vers laquelle se faisait l'endosmose du sérum du sang, non-seulement affaiblit beaucoup l'action endosmotique, mais finit même par changer la direction du courant, de manière que ce dernier devint prédominant de la solution de sel vers le sérum du sang.

(1) Cité par MATTEUCCI, *loc. cit.*
(2) *Loc. cit.*
(3) *Ouvr. cit.*, et *Annales de chimie et de physique*, t. XXXV et XXXVII.
(4) DUTROCHET, *ouvr. cit.*, t. I, p. 64.
(5) *Ann. de chim. et de phys.*, 3e série, t. XXI, 84 et suiv.

c. — Parmi les faits les plus curieux que Dutrochet lui-même a découverts dans ses études sur l'endosmose, on peut citer un phénomène jusqu'à présent inexpliqué, c'est le changement de direction du courant entre l'eau et certaines solutions acides, suivant leur densité et leur température.

Dans ses premières recherches, faites en 1826, Dutrochet avait annoncé que les *acides* offrent un mode d'action opposé à celui des *alcalis ;* qu'ainsi avec une solution alcaline le courant d'endosmose se dirige de l'eau vers cette solution, tandis que l'inverse a lieu avec un acide, c'est-à-dire que le courant est dirigé de l'acide vers l'eau. Mais, dans des expériences ultérieures, cet habile observateur (1) ne tarda pas à reconnaître ce qu'avait de trop absolu sa première assertion. — Soit, par exemple, une solution d'acide chlorhydrique à la densité de 1,02, et à une température de + 10 degrés centigrades, et l'on verra l'endosmose se faire de l'eau à l'acide ; tandis que, par cette même température et la solution ayant une densité de 1,015, le courant prédominant s'établit en sens contraire, de l'acide vers l'eau, et par conséquent du fluide le plus dense vers celui qui l'est le moins. Fait digne de remarque : avec cette dernière solution, mais à une température qui dépasse 20 degrès, l'endosmose se montre de nouveau de l'eau à l'acide. — Quand on met une solution d'acide oxalique dans un endosmomètre, et qu'on plonge le réservoir dans l'eau, le liquide acide s'abaisse dans le tube et s'écoule vers l'eau inférieure. En mettant l'eau dans l'endosmomètre, et en plongeant le réservoir dans la solution d'acide oxalique, le niveau s'élève dans le tube de l'instrument, car le courant est dirigé de l'acide vers l'eau. Voilà donc encore un exemple dans lequel un liquide plus dense forme le courant d'endosmose ou le courant fort, le liquide moins dense, c'est-à-dire l'eau, formant le courant d'exosmose ou le contre-courant faible. — En expérimentant quels étaient les effets d'endosmose des acides tartrique et citrique aux différents degrés de densité de leurs solutions aqueuses, Dutrochet a découvert que leurs solutions plus denses et leurs solutions moins denses offrent l'endosmose dans des sens inverses. Ainsi, pour ne citer que l'acide tartrique, lorsque sa solution possède une densité supérieure à 1,05 et qu'elle est séparée de l'eau par une membrane animale, la température étant à + 25 degrés centigrades, le courant d'endosmose est dirigé de l'eau vers l'acide. Les autres circonstances restant les mêmes, la dissolution a-t-elle une densité inférieure à 1,05, le courant d'endosmose est dirigé de l'acide vers l'eau, comme nous venons de le voir pour l'acide oxalique.

L'élévation de la température favorise l'endosmose vers l'acide ; l'abaissement de la température favorise l'endosmose vers l'eau : en effet, une même solution d'acide tartrique opère avec l'eau, tantôt l'endosmose vers l'acide, lorsque la température est élevée, tantôt l'endosmose vers l'eau, lorsque la température est abaissée. Il semble que l'abaissement de la température rende ici la perméation capillaire de la solution d'acide tartrique plus facile et plus prompte que celle de l'eau, et cela, suivant une certaine concordance entre le degré de la température et la densité de la solution acide.

En séparant l'acide de l'eau à l'aide d'une membrane *végétale*, on est loin d'observer toujours, chose singulière, des phénomènes conformes aux précédents. Si, par exemple, on remplit une gousse de baguenaudier (*Colutea arborescens*) avec une solution d'acide oxalique, et que l'on fixe l'extrémité ouverte de la gousse à

(1) DUTROCHET, *ouvr. cit.*, t. I, p. 46 et suiv.

un tube de verre, la gousse elle-même étant plongée dans de l'eau de pluie, on remarque une ascension du liquide acide dans le tube : il y a en effet un courant d'endosmose dirigé de l'eau vers l'acide. On obtient le même résultat en adaptant au réservoir d'un endosmomètre une membrane d'*Allium porrum*. Voilà donc des effets contraires à ceux qui ont été signalés tout à l'heure, quand il s'agissait de membrane animale. Avec les acides tartrique et citrique dissous dans l'eau et employés à des densités inférieures à 1,05, et par une température de + 25 degrés centigrades, on a aussi des différences absolues, suivant qu'on se sert d'une membrane animale ou d'une membrane végétale. Quant à l'acide sulfureux, à la densité de 1,02, il offre l'endosmose vers l'eau, s'il en est séparé par une membrane animale; avec une membrane végétale, il ne donne lieu à aucun effet endosmotique appréciable et paraît alors soumis aux simples lois de l'écoulement par filtration.

Le précédent exposé vient encore à l'appui de l'assertion déjà émise plus haut, à savoir que, dans l'endosmose, le courant prédominant n'est pas toujours dirigé du liquide le moins dense vers celui qui l'est davantage; et que cette direction se rattache, en partie, à des qualités propres à certains liquides. Il en résulte aussi qu'il n'est pas exact de croire, avec quelques auteurs, que l'eau s'endosmose vers tous les liquides, c'est-à-dire que si on la sépare, par une membrane, d'un liquide avec lequel elle puisse se mélanger, le courant prédominant se fasse toujours de l'eau vers le liquide mis en expérience.

Quant aux changements dans la direction du courant qui viennent d'être signalés, suivant qu'on avait fait usage de membranes animales ou végétales, ils nous conduisent à citer d'autres exemples qui démontrent que la substance solide et poreuse dont on se sert pour fermer le réservoir de l'endosmomètre peut, en effet, aussi bien que la nature des liquides, contribuer à changer la direction du courant endosmotique.

f. — Au point de vue de l'influence exercée sur les phénomènes d'endosmose par le corps intermédiaire aux liquides, Matteucci et Cima (1) ont fait quelques recherches intéressantes. Ils ont expérimenté sur trois sortes de membranes : des peaux fraîches de grenouille, de torpille et d'anguille; des muqueuses stomacales d'agneau, de chat, de chien et de poulet; des muqueuses urinaires de bœuf et de porc. Les appareils employés par ces deux observateurs ne diffèrent pas d'ailleurs sensiblement de l'endosmomètre de Dutrochet.

Deux endosmomètres dont les tubes ont un diamètre intérieur de 3 millimètres fonctionnent en même temps; mais, dans chacun, la membrane interposée aux liquides est disposée différemment : ainsi, par exemple, en expérimentant sur la peau, on la place de manière que, dans un cas, sa face externe soit tournée vers l'intérieur de l'instrument, tandis que, dans l'autre, c'est sa face interne qui offre un pareil rapport. Toutes les expériences sont exécutées à la température de + 12 à + 15 degrés centigrades, la densité des liquides employés étant la suivante :

Eau sucrée.	19°	à l'aréomètre	de Baumé.
Solution de blanc d'œuf.	4°	—	—
— de gomme arabique. . .	5°	—	—
Alcool.	34°	—	—

(1) MATTEUCCI, *Leçons sur les phénomènes physiques des corps vivants*, p. 38 et suiv. Paris, 1847.

Dans la plupart des expériences, dont la durée est ordinairement de deux heures, ces liquides sont contenus dans l'endosmomètre; l'eau est à l'extérieur.

Avec la *peau* de torpille, ou celle de grenouille, disposée pour regarder par sa face libre l'intérieur de l'instrument, le liquide monte plus haut que dans le cas d'une disposition inverse. Le résultat est le même, qu'on emploie une solution de gomme arabique, d'albumine ou de sucre.

Avec la peau d'anguille, l'élévation est d'abord la même dans les deux tubes endosmométriques, lorsqu'on emploie de l'*eau sucrée.* Mais, plus tard, le liquide monte davantage dans celui des instruments où la surface externe de la peau touche le liquide intérieur. Les différences de niveau s'observent au contraire dès le commencement de l'expérience avec l'*eau albumineuse* ou l'*eau gommée.*

L'état de fraîcheur est plus nécessaire pour la peau d'anguille que pour celle de grenouille ou de torpille, quand on veut obtenir une assez grande différence dans l'élévation des liquides intérieurs.

Quant au pouvoir endosmotique de ces diverses peaux par rapport à l'*alcool* et à l'*eau*, Matteucci et Cima ont fait les remarques suivantes : Le courant d'endosmose est dirigé de l'eau vers l'alcool, avec la peau de grenouille ; et, lorsque la face interne de cette membrane est tournée vers l'alcool, l'élévation du liquide est plus considérable que dans l'autre disposition. C'est le contraire avec la peau d'anguille et de torpille : l'élévation du liquide est plus marquée quand l'alcool est en contact avec la face externe de ce tégument.

La force respective de l'endosmose des divers liquides, à travers les trois espèces précédentes de peaux, est variable, comme on peut en juger par le tableau ci-dessous. Les expériences ont été faites au moyen de trois endosmomètres pourvus, le premier d'une peau de torpille, le second d'une peau de grenouille, et le troisième d'une peau d'anguille. Dans les trois cas, cette membrane était disposée de façon que sa face libre fût tournée vers l'intérieur de l'instrument, qui contenait soit de l'eau sucrée ou de l'eau albumineuse, soit de l'eau gommée ou de l'alcool, et qui avait été plongé dans un vase de cristal contenant de l'eau de source. Les chiffres suivants indiquent la hauteur à laquelle est parvenue la colonne liquide dans l'endosmomètre, et par conséquent quelle a été l'intensité de l'endosmose pour chaque liquide à travers ces diverses membranes :

Eau sucrée.	Peau de torpille. . .	100 millimètres.
	— de grenouille. .	25
	— d'anguille. . .	15
Eau albumineuse. .	Peau de torpille. . .	30
	— de grenouille. .	15
	— d'anguille. . .	8
Solution gommeuse.	Peau de torpille. . .	120
	— de grenouille. .	22
	— d'anguille . . .	6
Alcool	Peau de torpille. . .	35
	— de grenouille. .	80
	— d'anguille. . .	55

Avec la *membrane muqueuse de l'estomac* d'agneau, si l'on met de l'eau sucrée dans l'endosmomètre, cette membrane regardant par sa face interne l'intérieur de l'instrument, l'élévation du liquide est moins considérable que dans l'autre disposition ; remplace-t-on l'eau sucrée par une solution de blanc d'œuf, les résultats sont inverses. Expérimente-t-on avec une solution de gomme arabique, l'élévation du liquide, avec les deux dispositions contraires de la membrane, est tantôt nulle, tantôt égale, ou seulement de 8 millimètres dans les deux instruments.

Avec la muqueuse stomacale du chat et du chien, l'élévation à laquelle arrive l'eau sucrée ou l'eau gommée est plus sensible, si la membrane regarde l'intérieur de l'instrument par sa face interne que dans une situation inverse.

Quand on expérimente sur l'eau sucrée avec la membrane muqueuse du gésier de poulet, le liquide s'élève davantage, si la face interne de la muqueuse est dirigée vers l'intérieur de l'endosmomètre. Le sens de la membrane ne semble pas avoir une influence bien marquée quand on emploie une solution d'albumine ou de gomme.

En faisant usage d'eau et d'alcool, on trouve qu'avec la muqueuse des estomacs d'agneau, de chat, de chien, l'endosmose est constamment dirigée de l'eau vers l'alcool.

Se sert-on de l'estomac d'agneau, l'élévation du liquide est plus marquée quand la face externe de la muqueuse est tournée vers l'intérieur de l'endosmomètre renfermant l'alcool. Mêmes effets pour l'estomac du chat et pour celui du chien.

Avec la membrane interne du gésier du poulet, l'endosmose, au lieu de se faire de l'eau à l'alcool, s'effectue de l'alcool à l'eau, quelle que soit la disposition de la membrane par rapport aux deux liquides.

En expérimentant sur la *membrane muqueuse* fraîche de la *vessie urinaire* du bœuf, Matteucci et Cima sont arrivés aux résultats suivants :

	Hauteur du liquide, après 2 heures.
1° Eau sucrée dans l'endosmomètre.	
Surface interne de la membrane en contact avec l'eau sucrée	80 à 113 millim.
Surface externe.	63 à 72
2° Solution de gomme arabique dans l'endosmomètre. — Le résultat est inverse.	
Surface interne de la membrane en contact avec l'eau gommée.	7 à 18 millim.
Surface externe	20 à 52
3° Solution albumineuse dans l'endosmomètre. — L'endosmose n'a pas lieu.	
4° Alcool dans l'endosmomètre. — L'endosmose a lieu de l'eau à l'alcool.	
Surface interne de la membrane en contact avec l'alcool.	26 à 37 millim.
Surface externe.	24 à 59

L'expérimentation a démontré aux mêmes observateurs l'étroite relation qui existe entre le phénomène d'endosmose et l'état physiologique des membranes. Des différences aussi sensibles que celles qu'on observait en se servant de membranes fraîches, ont disparu totalement ou presque totalement quand on a fait usage des mêmes membranes desséchées ou altérées par une putréfaction commençante

nouvelle preuve que les membranes ont bien aussi leur rôle à remplir dans les phénomènes endosmotiques.

L'ensemble des faits qui viennent d'être relatés se résume, d'après Matteucci et Cima, dans les propositions suivantes :

« 1° La membrane intermédiaire aux deux liquides a une part très active dans l'intensité du courant endosmotique, ainsi que dans sa direction. 2° Il y a, en général, pour chaque membrane, une certaine position dans laquelle l'endosmose est plus intense ; il est rare que l'endosmose se fasse *également*, avec une membrane fraîche, quelle que soit la disposition de cette dernière par rapport aux deux liquides. 3° La direction la plus favorable à l'endosmose, à travers les peaux, est en général de leur face interne à l'externe, à l'exception de la peau de grenouille, avec laquelle l'endosmose entre l'eau et l'alcool est favorisée de la face externe à la face interne. 4° La direction favorable à l'endosmose à travers les estomacs et les vessies urinaires varie beaucoup plus qu'avec les peaux, suivant les différents liquides. 5° Le phénomène de l'endosmose est étroitement lié à l'état physiologique des membranes. 6° Avec les membranes desséchées ou altérées par la putréfaction, ou bien on ne remarque plus les différences ordinaires selon la position des faces de celles-ci, ou il n'y a plus endosmose. » (*Ouvr. cit.*, p. 62.)

g. — Nous venons de voir qu'avec la membrane interne du gésier du poulet, l'endosmose, au lieu de se faire comme ordinairement de l'eau à l'alcool, s'effectuait de l'alcool à l'eau, quelle que fût d'ailleurs la disposition de la membrane par rapport aux deux liquides.

L'expérimentation démontre que ces effets inverses se reproduisent quand on ferme deux endosmomètres, l'un avec un lambeau de vessie, et l'autre avec une très mince lamelle de caoutchouc : dans le premier cas, le courant s'établit de l'eau vers l'alcool, et dans le second, il a lieu de l'alcool vers l'eau. C'est aussi un fait expérimental bien constaté, que si l'on renferme, dans une vessie urinaire de porc, de l'esprit-de-vin étendu d'eau, et qu'on expose cette vessie à l'air, l'esprit-de-vin se concentre de plus en plus par l'évaporation de l'eau à travers la membrane ; tandis que, en mettant le liquide alcoolique dans une bouteille de caoutchouc, mince, bien fermée et exposée à l'air libre, le contraire a lieu ; c'est-à-dire que l'alcool traverse le caoutchouc et s'évapore, pendant que l'eau reste dans la bouteille.

Il serait difficile de ne pas voir, dans ces divers exemples, la preuve et les effets d'une inégale attraction exercée par les membranes organiques sur l'eau et l'alcool. Aussi, dans l'endosmose, le degré d'action de ces sortes de membranes a-t-il paru être en rapport avec la propriété qu'elles ont d'être plus ou moins facilement *mouillées* par les divers liquides.

Quand, par exemple, on place de l'alcool ou une solution gommeuse dans le réservoir d'un endosmomètre qui plonge dans l'eau pure, nous savons que celle-ci traverse la membrane de vessie pour se mêler à l'alcool ou à la solution de gomme dont elle élève le niveau dans le tube. Or, on est immédiatement frappé d'une chose, c'est que l'eau a bien plus de tendance que la solution gommeuse ou l'alcool à imprégner la membrane animale ; c'est pourquoi, la pénétrant mieux, bientôt elle la traverse et se transporte vers l'un ou l'autre de ces liquides, pour lesquels elle a d'ailleurs beaucoup d'attraction. Cela est si vrai, que, comme on l'a vu tout à l'heure, en changeant la nature du diaphragme, on peut faire

marcher l'alcool vers l'eau : il suffit encore pour cela, comme l'a fait Lhermite (1), de substituer à la membrane un corps poreux pénétré d'huile de ricin, par exemple. Qu'arrive-t-il alors? c'est que l'eau, qui n'est pas soluble dans cette huile et ne se mêle pas avec elle, ne peut plus traverser la cloison; l'alcool, au contraire, étant miscible à l'huile de ricin, pénètre le diaphragme poreux et parvient au contact de l'eau qui l'absorbe. En effet, met-on de l'eau dans un endosmomètre ainsi pré paré, et le place-t-on dans un vase renfermant de l'alcool, ce dernier liquide passe dans le tube et y fait monter le niveau de l'eau : il est d'ailleurs bien évident que ce résultat est dû à la présence de l'huile de ricin, car, si l'on se sert du même diaphragme, sans le concours de l'huile, ce n'est pas l'alcool, dont la fluidité es plus grande que celle de l'eau, qui traverse le mieux ce diaphragme, comme on serait tenté de le croire, mais bien l'eau qui filtre à travers ses pores beaucoup plu vite que l'alcool; la différence, qui n'est pas toujours rigoureusement la même avoisine le rapport de 1 à 2 en volume, quand on fait filtrer successivement le deux liquides à travers le même corps.

Lhermite (2) a été plus loin dans le but de faire comprendre le rôle de la membrane et de prouver que ce rôle se rattache à un phénomène d'affinité ; il a supprimé tout diaphragme solide. On peut, par exemple, mettre une couche d'eau au fond d'une petite éprouvette, par-dessus l'eau une couche d'huile de ricin enfin une couche d'alcool à 35 degrés au-dessus de celle-ci. Au bout de deux jours l'alcool a traversé l'huile et est descendu dans le liquide inférieur. Seulement dans ces dernières expériences, faites avec trois liquides, sans le concours du diaphragme solide, il n'y a pas, dit Lhermite, de contre-courant, parce que celui-c (exosmose) n'est réellement dû qu'à un accroissement de pression. Or, ici le liquide intermédiaire, qui représente la cloison de l'endosmomètre, ayant la faculté de se déplacer, il ne peut y avoir accroissement de pression, ni par suite un contre-courant. Il faut aussi ajouter que, dans ce cas particulier, l'eau, n'étant pas miscible à l'huile, ne peut la traverser pour donner lieu à un contre-courant vers l'alcool.

Il serait inutile de multiplier les preuves de l'influence que, dans l'endosmose la nature de la substance intermédiaire exerce non-seulement sur le passage des liquides, mais même sur la direction du courant principal. Nous sommes ains amené à penser que le changement de volume des deux liquides miscibles et séparés par un diaphragme dépend, du moins en partie, de leur inégal pouvoir de mouiller ce diaphragme, c'est-à-dire de l'attraction inégale que ce dernier exerce sur les deux liquides. On a vu qu'en effet il y a endosmose toutes les fois que deux liquides, séparés par un corps poreux, ont de l'attraction l'un pour l'autre, et que l'un d'eux est, plus que l'autre, capable d'imprégner la cloison interposée; on vu aussi que c'est toujours ce dernier liquide qui marche vers celui qui possède l moins la propriété de mouiller la cloison.

2° Il n'entre pas dans notre plan de discuter en détail les diverses *théories* qu ont été émises sur l'endosmose ; nous ne voulons que faire entrevoir leur insuffisance. Ayant exposé précédemment les conditions jusqu'ici connues des phéno mènes endosmotiques, nous devrons surtout examiner bientôt la valeur de l'appli cation des faits d'endosmose à divers actes des êtres vivants.

(1) *Recherches sur l'endosmose*, dans *Ann. des sc. nat.*, 4e série, t. III.
(2) *Loc. cit.*

Peu de temps après la publication de la découverte de Dutrochet, Poisson (1) crut devoir rapporter l'endosmose à l'attraction capillaire jointe à l'affinité des deux liquides hétérogènes : Dutrochet lui objecta qu'alors il ne devrait exister qu'un seul courant au travers de la cloison qui sépare les deux liquides, et que ce courant unique devrait être dirigé vers celui des deux liquides qui est doué de la plus grande force d'attraction. Or, l'observation démontre qu'il existe, au travers de la cloison, deux courants opposés et inégaux en intensité ; et ce fait, à lui seul, tendrait déjà à infirmer la théorie proposée par l'éminent mathématicien.

Quant à G. Magnus (2), suivant les traces de Poisson, il explique ainsi l'endosmose : « On a, dit-il, une explication complète du phénomène, en regardant la vessie comme un corps poreux, et en admettant : 1° qu'il existe une certaine force d'attraction entre les molécules des liquides différents ; et 2° que ces liquides passent plus ou moins facilement à travers la même ouverture capillaire....... Les molécules d'une dissolution saline quelconque, ajoute-t-il, auront entre elles plus de cohésion que les molécules de l'eau. C'est pour cela que la dissolution sera moins fluide et passera plus difficilement que l'eau par les ouvertures très étroites, toutes choses égales d'ailleurs. Il s'ensuit que plus une dissolution est concentrée, plus elle aura de difficulté à pénétrer par des ouvertures capillaires. »

L'eau qui tient un corps en dissolution étant moins fluide que l'eau pure, il résulterait de là que le courant d'endosmose devrait constamment être dirigé de l'eau pure vers la dissolution. Mais l'expérimentation prouve qu'il n'en est pas toujours ainsi ; car nous avons vu précédemment que certaines solutions acides, plus denses que l'eau pure, offrent un courant d'endosmose dirigé en sens variable. D'ailleurs, comment faire concorder, avec la théorie commune à Poisson et à Magnus, cet autre fait que les cloisons siliceuses, qui sont éminemment poreuses, ne puissent jamais donner lieu aux phénomènes d'endosmose ? Ce fait, que Dutrochet a maintes fois constaté avec tout le soin possible, ne s'accorde guère avec l'opinion qui attribue à la seule action capillaire la production de l'endosmose, puisque cette action capillaire existe dans la cloison poreuse siliceuse, comme dans toute autre cloison qui sépare deux liquides susceptibles de s'endosmoser. Ce même fait ne s'accorde pas mieux avec l'opinion qui ne regarde l'endosmose que comme le résultat de l'attraction réciproque des deux liquides hétérogènes, puisque cette attraction réciproque des deux liquides existe également à travers les canaux capillaires de la cloison siliceuse. Aussi ce fait a-t-il paru décisif à Dutrochet pour infirmer complétement la théorie de Poisson et de Magnus.

L'endosmose a été encore attribuée surtout à la différence de densité des deux liquides en présence ; mais des preuves nombreuses, qu'il serait superflu de reproduire (voir plus haut, p. 388), repoussent une pareille explication.

On a aussi invoqué une action électrique. Si, à l'exemple de Porrett (3), on divise un vase en deux compartiments par un morceau de vessie (l'un des compartiments étant rempli d'eau, l'autre en contenant à peine), et si l'on met le premier en rapport avec le pôle positif d'une pile et le second avec le pôle négatif, l'eau, qui ne filtrait pas à travers la membrane, la traverse alors assez rapidement,

(1) *Annales de chimie et de physique*, t. XXXV, p. 98.
(2) *Ibid.*, t. LI, p. 176, et *Annales de Poggendorff*.
(3) *Annales de chimie et de physique*, t. II, p. 137.

et, après s'être mise d'abord de niveau dans les deux divisions du vase, s'élève même plus haut dans le compartiment primitivement à peu près vide. Dutrochet (1) a modifié cette expérience, en se servant d'un endosmomètre fermé avec un cæcum de poulet rempli d'eau ; ce même liquide remplissait aussi le vase dans lequel plongeait l'endosmomètre. En introduisant le fil négatif de la pile jusque dans le cæcum et le fil positif dans l'eau du vase, l'eau du cæcum et du vase monta dans le tube endosmométrique, et parvenue à l'orifice supérieur, s'écoula au dehors ; tandis qu'en disposant les fils de la pile d'une manière inverse, le cæcum se vida de son contenu qui passa dans le vase extérieur.

Avec l'électricité s'obtiennent donc des résultats en apparence analogues à ceux qui sont réalisés dans les expériences d'endosmose. On crut dès lors avoir trouvé dans la production de l'électricité l'explication du phénomène ; mais cette théorie, quelque séduisante qu'elle eût paru de prime abord, n'a pu être acceptée, attendu qu'avec les galvanomètres les plus sensibles on a vainement cherché des courants électriques dans les liquides hétérogènes en voie d'endosmose. Et d'ailleurs, il faut bien noter que, dans la précédente expérience de Porrett, le sens du transport, toujours le même que celui du courant, est indépendant de la nature du liquide, tandis que nous avons vu cette dernière condition avoir une grande influence sur la direction du courant d'endosmose.

Ajoutons que la théorie, qui a recours à l'électricité et qui compte Becquerel (2) parmi ses partisans, est encore en opposition avec ce fait qu'il n'y a point d'endosmose quand deux liquides hétérogènes (l'eau et une solution saline, par exemple) sont séparés par une cloison siliceuse à pores capillaires. Pourtant, dans ce cas, les courants électriques devraient se produire comme ils sont censés avoir lieu quand ces mêmes liquides sont séparés par une cloison animale, végétale ou argileuse, puisque ces courants peuvent se produire alors même que la substance de la cloison n'est pas conductrice de l'électricité, ce qui est le cas d'une cloison siliceuse.

Les mouvements d'endosmose, d'après J. Béclard (3), doivent être considérés, au point de vue physique, comme des phénomènes moléculaires de chaleur latente. Pour cet observateur, la direction et l'intensité du courant sont déterminées, toutes choses égales d'ailleurs, par les différences de chaleur spécifique ; et ce sont les liquides qui ont une chaleur spécifique plus grande qui marchent vers ceux qui en ont une plus petite. Or, l'eau étant de tous les liquides celui qui a la chaleur spécifique la plus considérable, elle devrait s'endosmoser vers tous les liquides, c'est-à-dire que si on la sépare, par une membrane, d'un liquide avec lequel elle puisse se mélanger, le courant prédominant devrait se faire toujours de l'eau vers le liquide mis en expérience. Mais nous avons déjà rapporté des exemples qui démontrent que cette explication, comme celles qui se fondent sur la différence des densités ou sur une action électrique, laisse échapper aussi un certain nombre de cas.

(1) *Ouv. cit.*, t. I, p. 71.

(2) *Traité de l'électricité et du magnétisme*, liv. X, § XI.

BECQUEREL, tout en admettant l'action électrique, lui adjoint les causes générales indiquées par POISSON et MAGNUS comme productrices des phénomènes de l'endosmose.

(3) *Rech. expérim. sur les conditions physiques de l'endosmose des liquides et des gaz*, dans *Comptes rendus de l'Acad. des sciences de Paris*, 1851, et dans *Traité élémentaire de physiologie*, 2e édit., p. 185 et suiv. Paris, 1856.

La vérité est que la cause efficiente de l'endosmose nous est encore inconnue et qu'on ne possède à cet égard aucune théorie satisfaisante.

Cependant la plupart des physiciens tendent aujourd'hui à attribuer les phénomènes de l'endosmose à la *force* qui fait monter les liquides dans les tubes capillaires, telle que l'a définie Poisson dans sa *Nouvelle théorie de l'action capillaire*, p. 296.

On a objecté à cette théorie le peu d'élévation des liquides dans les tubes capillaires, comparée aux grandes différences de niveau que donne l'endosmose. Mais, comme le fait observer Lhermite (1), on n'a pas pris garde que, dans ces tubes, les hauteurs ne mesurent, à vrai dire, que l'action du liquide sur lui-même. Les parois du tube agissent sur les couches de liquide qui les mouillent, et celles-ci se substituent au tube pour exercer de proche en proche une attraction sur les parties du liquide les plus voisines de l'axe. Ce qui le prouve, c'est que, à égalité de diamètre, les ascensions sont les mêmes dans les tubes de toute substance qui se laisse bien mouiller, comme si la première couche de liquide appliquée sur la paroi du tube était le siége réel de la force agissante ; tandis que la partie essentielle dans les phénomènes d'endosmose semble être l'action directe de la matière interposée sur les liquides. D'un autre côté, les quelques millimètres d'élévation, observés dans un tube d'un millimètre de diamètre, deviennent des mètres si l'on a affaire à des tubes d'un millième de millimètre. Ce n'est pas, sans doute, s'exagérer les faits que de supposer réduits à cette dimension les espaces intermoléculaires d'une membrane de vessie, par exemple ; car, d'après la théorie, les hauteurs auxquelles s'élève un liquide sont en raison inverse des diamètres des tubes. C'est un résultat vérifié par l'expérience pour des calibres mesurables. Quand leurs dimensions tombent dans les limites moléculaires, il est infiniment probable que les élévations qu'ils sont capables de produire sont encore supérieures à celles qu'assignerait le rapport inverse des diamètres.

Le côté réellement faible et le tort de la *Nouvelle théorie de l'action capillaire*, dans ses applications à l'endosmose, c'est d'avoir supprimé l'action en quelque sorte élective de la substance intermédiaire, alors qu'elle était encore nécessaire. Tant que les deux faces de la cloison sont baignées, l'une par un liquide doué de peu d'affinité pour elle, l'autre par un fluide miscible avec le premier, mais sur lequel la cloison exerce une action plus puissante, il y aura, au point de rencontre des deux liquides, expulsion de l'un par l'autre, et par conséquent mouvement. Ce mouvement cesserait du moment que le liquide envahisseur toucherait seul la cloison par ses deux faces (2). Nous croyons avoir assez insisté, par des exemples, sur ce point important pour n'être pas obligé d'y revenir.

Ainsi comprise par beaucoup d'observateurs, l'endosmose ne serait le résultat ni d'une force particulière, ni d'une action électrique, mais elle dépendrait de l'affinité elle-même, en étendant l'acception de ce mot jusqu'à l'attraction capillaire qui en est le premier degré.

3° Nous arrivons enfin à notre but principal, qui est d'examiner la valeur des applications de l'endosmose pour expliquer le mécanisme de l'absorption dans les deux règnes organiques.

(1) *Mém. cit.*
(2) Lhermite, *loc. cit.*

Qu'on envisage les racines d'une plante ou bien les membranes animales qui sont le siége ordinaire des diverses absorptions, on constate que les unes et les autres présentent un revêtement *épithélial*, ou couche continue de cellules closes, que toute substance fluide doit d'abord traverser pour parvenir plus profondément. Comment le liquide en contact les pénétrera-t-il, et comment de ces cellules passera-t-il dans d'autres composant le tissu végétal ou animal, et séparées entre elles par de minces membranes imperforées? Ces membranes sont, il est vrai, perméables aux fluides. Mais, pour que ceux-ci les traversent et aillent au delà, il n'en faut pas moins qu'ils soient sollicités par une force suffisante. Celle qui vient de nous occuper, sous le nom d'*endosmose*, a paru aux botanistes rendre parfaitement compte non-seulement de l'absorption par les racines et de celle qui a lieu consécutivement de cellule à cellule, mais encore d'une partie de la circulation des végétaux, qui, avant cette découverte, était restée inexplicable. Malheureusement il ne nous semble point que les physiologistes, qui s'occupent de l'étude de phénomènes analogues chez les animaux, puissent partager à cet égard toute la satisfaction des botanistes (*).

En se fondant sur ces données : 1° que l'endosmose représente une force purement physique en vertu de laquelle les liquides miscibles tendent à se mélanger à travers les membranes; 2° que deux courants opposés et inégaux en intensité se produisent quand deux liquides, offrant une densité différente et séparés par une membrane organique, se trouvent en présence; 3° et qu'aussi le courant prédominant a lieu, *en général*, du liquide le moins dense vers le liquide le plus dense, on a expliqué, comme il suit, l'absorption dans les plantes :

Les cellules qui forment le tissu des racines sont, dit-on, remplies de sucs plus denses que l'eau dont la terre est imbibée, et cette eau doit, par l'effet de l'endosmose, s'infiltrer à travers leurs membranes, gonfler les cavités des cellules les plus extérieures, en diminuant la densité du liquide qui s'y trouvait, et passer de là dans les cellules plus profondes. On sait que l'élongation de la racine et de toutes ses divisions se fait à peu près exclusivement par leur bout, qui, par conséquent, se trouve à l'état naissant pendant tout le temps que se maintient l'activité de la végétation. Ce ne serait donc pas par suite d'une modification particulière du tissu gonflé et agissant à la manière d'une éponge, comme on l'avait supposé, que les dernières extrémités radicellaires pomperaient l'humidité qui les environne; ce serait, au contraire, parce que leurs cellules naissantes, et comme telles déjà gonflées de sucs épais, se trouveraient dans les conditions les plus favorables pour l'endosmose (Ad. de Jussieu). En effet, leur épiderme n'est pas encore formé, tandis qu'il l'est plus haut et oppose à l'absorption une couche plus sèche et moins perméable.

De même, chez les animaux, les membranes absorbantes (et spécialement celles qui sont chargées de faire pénétrer dans l'organisme les divers fluides indispensables à son entretien) sont recouvertes d'une couche cellulaire ou épithéliale, qu'on ne saurait négliger dans l'étude du phénomène de l'absorption. Variable dans son épaisseur et dans l'arrangement des cellules qui le constituent, ce revêtement épithélial existe, en effet, entre les fluides à absorber et les parties vasculaires et vivantes des tissus. Il faut donc que, s'imbibant d'abord de ces fluides qui sans

(*) Cependant, tout récemment un botaniste distingué, TRÉCUL (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences de Paris*, 28 sept. 1857, t. XLV, p. 434), s'est efforcé d'établir, contrairement aux idées reçues, que l'endosmose ne saurait rendre compte ni de l'absorption des liquides par les racines, ni de la marche ascendante de la séve.

doute passent à la fois au travers des cellules et des espaces intercellulaires, l'épithélium dont il s'agit, à la manière d'un filtre, livre passage à ce qui peut pénétrer dans le domaine circulatoire ou rendez-vous commun de toutes les substances absorbées, et arrête les particules tenues seulement en suspension. Mais un grand nombre de cellules épithéliales et autres contenant déjà des liquides, on suppose qu'elles doivent fonctionner comme les cellules qui forment le tissu des racines, c'est-à-dire être aussi le siége d'une endosmose en vertu de laquelle les fluides, mis en contact avec elles, les pénètrent, les gonflent et en sortent pour traverser, à l'aide de la même force, la trame des vaisseaux, et pour venir enfin se mêler avec le sang ou la lymphe. Ayant reconnu que les phénomènes d'endosmose varient selon la nature des membranes et suivant celle des liquides, on s'est expliqué ainsi que les divers tissus organisés aient à l'égard de différents liquides un pouvoir absorbant si variable. Les dissolutions albumineuses, notamment, ont été citées comme attirant avec une si grande énergie l'eau pure ou même l'eau chargée de principes salins et organiques, que le courant d'exosmose devient à peu près nul ; et l'on a été jusqu'à admettre, comme un fait démontré, que le sérum du sang et le sérum de la lymphe intestinale (qui sont des liquides albumineux) seraient constamment plus denses que toutes les substances liquides absorbées, d'où une endosmose des fluides nutritifs ou autres vers ces humeurs organiques.

Telle est, aux yeux de beaucoup de physiologistes, la cause immédiate des absorptions qui s'opèrent chez les animaux.

Entre l'endosmose d'une part, l'absorption et l'exhalation de l'autre, existe-t-il des analogies? En disant que ces actes physiologiques déterminent un échange entre les liquides des cavités circulatoires et ceux qui sont placés en dehors d'elles, qu'en même temps (comme cela s'observe pour l'endosmose) ils modifient les proportions des corps dissous dans ces liquides, on omet de rappeler qu'en général l'absorption et l'exhalation ont des agents distincts. Mais il est d'autres rapprochements qu'on ne saurait se refuser à admettre :

L'endosmose, par exemple, ne s'exerce pas *également* à travers toutes les membranes, ni à chacune des deux faces d'une même membrane, et il en est de même de l'absorption. La nature, l'épaisseur, la laxité et la perméabilité plus ou moins grandes des tissus, leur état de sécheresse ou d'humidité, leur inégale attraction pour les liquides qui les mouillent plus ou moins facilement, la nature et la densité variable de ces liquides, leur degré de miscibilité, l'état de repos ou de mouvement, une température basse ou élevée, sont autant de conditions qui amènent des variations très notables dans l'absorption : or, nous savons déjà que, parmi ces conditions, les unes font varier l'intensité du courant prédominant d'endosmose, et que les autres peuvent même en changer la direction. Il paraît donc impossible que l'endosmose n'agisse pas à travers les membranes de l'économie vivante, et, par conséquent, qu'elle ne joue pas un rôle dans les phénomènes de l'absorption. Chez les animaux et certaines plantes également dépourvus de vaisseaux et formés d'un parenchyme celluleux, comment d'ailleurs se refuser à admettre que l'absorption s'effectue par imbibition et endosmose?

Mais, sans vouloir nier que beaucoup de substances pénètrent le corps vivant en vertu de la force d'endosmose, il nous sera permis de faire ici quelques réserves fondées sur l'observation rigoureuse des faits, et de croire qu'il reste encore bien des doutes à dissiper avant de pouvoir tout expliquer par l'intervention de cette force.

Et d'abord, l'expérimentation établit que, chez l'animal vivant, en injectant dans plusieurs anses intestinales des dissolutions de sucre de densités variables, les dissolutions très concentrées, et notablement plus denses que le sérum, disparaissent tout aussi vite que les plus étendues. Elle démontre aussi que des solutions de nitrate de potasse ou de sulfate de soude, qui, douées d'un pouvoir endosmotique considérable et offrant plus de densité que le *sérum* du sang, l'attirent dans le tube de l'endosmomètre, font précisément le contraire quand on les injecte dans le tissu cellulaire sous-cutané d'un animal vivant ; c'est-à-dire qu'après peu d'instants on ne retrouve plus aucun vestige de ces solutions qui, vite absorbées, ont été entraînées dans le torrent circulatoire, etc.

Évidemment, ce sont là des faits en contradiction avec les phénomènes habituels d'endosmose qu'on produit à l'aide des tissus privés de la vie, et il est digne de remarque que, au contraire, dans les tissus encore vivants, on voit tous les fluides miscibles à l'eau et au sang pouvoir être saisis par absorption, quel que soit d'ailleurs le rapport de densité qui existe entre eux et la partie séreuse du sang.

Il est toute une classe d'aliments, les corps gras, pour l'absorption desquels on ne saurait assurément invoquer l'endosmose. On sait avec quelle énergie les phénomènes endosmotiques s'accomplissent dans les plantes, quand on vient à plonger leurs extrémités radicellaires dans différents liquides ; et pourtant, dans aucune expérience avec des *émulsions* variées, je n'ai pu constater qu'elles en eussent absorbé la plus minime quantité ; je n'ai pas non plus observé le moindre signe d'endosmose entre ces émulsions et le sérum du sang, que j'eusse fait usage d'endosmomètres fermés soit avec une membrane muqueuse d'intestin fraîche et intacte, soit avec de la baudruche.

Quelles preuves directes et certaines possède-t-on aussi en faveur de l'endosmose, quand il s'agit d'expliquer, par exemple, le mécanisme de la résorption du fluide sécrété dans les cavités séreuses, ou celui de la disparition parfois si prompte d'hydropisies rebelles pendant des années ? Et cette absorption interstitielle ou décomposante des solides du corps, à l'aide de laquelle les matériaux qui ont rempli leur rôle physiologique rentrent d'abord dans le sang pour être éliminés par la voie des sécrétions, où sont encore les preuves qu'elle s'opère suivant les lois de l'endosmose ?

Relativement aux différences qui existent entre les effets endosmotiques obtenus sur le vivant et ceux que l'on observe sur le cadavre, on conçoit qu'il puisse répugner au physiologiste de comparer une expérience dans laquelle deux liquides immobiles sont isolés par une membrane inerte, avec le cas où d'abord l'un des deux est mû d'une impulsion rapide, où aussi la membrane intermédiaire est parcourue en tous sens par mille courants qui ne laissent jamais son tissu se gonfler, et qui entraînent le fluide à absorber au fur et à mesure de son introduction : la nature et l'état des fluides, l'état physique des membranes, la disposition de leurs pores, et partant, le degré de perméabilité, rien n'est semblable dans les deux cas. Pourtant on s'explique au moins quelques-unes de ces différences, si l'on veut bien se rappeler, d'une part, qu'imbibés de divers liquides durant la vie, les tissus présentent après la mort des matériaux qui, en se solidifiant, changent l'état physique de ces tissus, et que, d'autre part, la circulation, en entretenant le même état relatif des liquides, rétablit incessamment les conditions favorables à l'endosmose, au lieu de laisser les conditions primitives changer comme dans les expériences avec les membranes mortes. — Quoi qu'

en soit, on doit s'empresser de reconnaître qu'il ne saurait être permis au physiologiste de se borner à considérer, à l'instar du physicien, les phénomènes physiologiques de l'absorption sous le seul rapport de l'imbibition et de l'endosmose : le premier a aussi pour mission de faire connaître les changements de propriétés et d'état moléculaire que subissent certaines substances pendant l'absorption elle-même, et d'étudier les modifications que les agents environnants, l'influence nerveuse, l'état de repos ou de mouvement, l'énergie variable de la circulation, l'état de santé ou de maladie, etc., peuvent imprimer à cet acte important. Si, dans quelques pages qui précèdent, nous n'avons pas rempli tout à fait, à notre gré, une mission aussi difficile, au moins nos efforts auront-ils fait voir que nous en avions compris toute la portée.

Concluons en disant que le mécanisme intime de certaines espèces d'absorption demeure encore un mystère aussi profond, aussi impénétrable que par le passé; que, par conséquent, de la découverte de l'*endosmose*, qui a ouvert un champ nouveau pour les applications des lois physico-chimiques à la physiologie, on ne saurait faire découler une explication universelle des phénomènes de l'absorption chez les animaux, et que, jusqu'à présent, l'endosmose n'a point rendu suffisamment compte des différences frappantes qu'offrent ces phénomènes quand on les observe au sein de l'organisme ou bien en dehors de lui.

LYMPHE ET CHYLE.

L'étude des liquides qui sont renfermés dans les vaisseaux lymphatiques forme le complément nécessaire de l'histoire de l'absorption chez les animaux supérieurs : nous voulons parler de la *lymphe* et du *chyle*. Quant à l'étude du *sang*, si intéressante et si féconde en applications utiles, on peut la rattacher à celle de la circulation, malgré ses rapports avec bien d'autres fonctions.

Nous avons vu que le système lymphatique en général, remarquable par l'ampleur et la richesse de ses réseaux originels, a pour rôle essentiel d'absorber, à la surface comme dans la profondeur des parties organiques, certains matériaux qui s'en séparent, et d'élaborer ces matériaux pour en former un fluide spécial, la *lymphe*, qui doit être déversé dans le sang veineux. Nous avons vu aussi que, comme dépendance ou fraction du système lymphatique, il existe des vaisseaux, les *chylifères*, qui de plus se chargent, avec le concours des veines intestinales, d'absorber les produits liquides de la digestion. C'est au liquide circulant dans les lymphatiques de l'intestin, durant la période digestive, qu'est réservé le nom de *chyle ;* et ce fluide, bientôt mélangé dans le canal thoracique avec la lymphe qui vient de presque toutes les autres parties du corps, s'épanche aussi avec elle dans le torrent sanguin.

C'est en pratiquant, à l'exemple de Colin (1), des fistules au canal thoracique vers son abouchement dans les veines sous-clavières ou jugulaires internes, qu'il est possible de se faire quelque idée de la quantité énorme de liquides (lymphe ou chyle) que le système lymphatique introduit, sans interruption, dans le sang : une vache de taille moyenne a fourni, en vingt-quatre heures, par une pareille fistule,

(1) *Traité de physiol. comp. des animaux domestiques*, t. II, p. 100 et suiv. Paris, 1856. — Et *Mémoire sur la formation du chyle*, lu à l'Académie de médecine de Paris dans la séance du 7 juillet 1857.

jusqu'à 95 386 grammes des précédents fluides, c'est-à-dire environ un hectolitre (1). Il est vrai qu'en pareil cas la liberté d'issue offerte au chyle et à la lymphe peut les faire s'écouler avec une vitesse contre nature, puisque ces liquides n'ont plus à subir de résistance de la part du courant sanguin, ni de la valvule située au confluent de la veine sous-clavière gauche et du canal thoracique. Mais il n'y en a pas moins là une preuve suffisante pour établir que le sang est dans un état de perpétuelle mutation, et qu'il doit se renouveler sans cesse, *au moins en partie*, avec les matériaux qu'apportent les lymphatiques de l'intestin (chyle), comme avec ceux que les lymphatiques généraux puisent dans le sein des divers organes (lymphe) (*).

Toutefois, quand on considère que le chyle résulte de la transmutation de différents matériaux pris en dehors de l'organisme, tandis que la lymphe est une sorte de chyle formé aux dépens de la propre substance de l'animal lui-même, on ne peut s'empêcher d'assigner à ces deux fluides, qui ont pour usage commun de contribuer à la rénovation du sang, une différence dans leur importance respective. Il est manifeste que, vu son origine et sa composition corrélative, le chyle doit contribuer à cette rénovation autrement et plus efficacement que la lymphe, qui, n'ajoutant rien à l'organisme, lui emprunte au contraire les éléments dont elle est formée. Ajoutons que d'ailleurs l'existence de la lymphe et de ses vaisseaux ne se rattache au travail de la nutrition que chez les vertébrés, qui seuls, en effet, sont pourvus de ce fluide; tandis que les matières nutritives équivalentes au chyle se retrouvent dans les veines intestinales des animaux dépourvus de vaisseaux chylifères.

Dans les animaux supérieurs, l'acte duquel résulte la lymphe ne paraît être qu'un moyen complémentaire à l'aide duquel des matériaux enlevés à l'économie, dans le travail nutritif, lui sont rendus avec des qualités nouvelles, avec une aptitude réparatrice déterminée ; aussi voit-on la lymphe, tout en conservant sa destination propre, être en communauté d'action avec le sang veineux et offrir une direction parallèle à la sienne. Elle ramène, comme lui, divers éléments du sang artériel au centre circulatoire, se charge de molécules organiques qui momentanément ont perdu l'aptitude de concourir à la structure des parties, et enfin, spécialement dans le canal intestinal, sert, comme le sang veineux, de véhicule à des matériaux étrangers introduits par l'absorption.

Si la lymphe et le chyle mélangés (aussi bien que les produits liquides de la digestion absorbés par les veines intestinales) n'offrent pas les qualités d'un fluide directement nutritif, on sait qu'ils peuvent les acquérir au contact de l'air par l'entremise de la respiration; de là, pour le physiologiste, le grand intérêt qui s'attache à l'étude approfondie de tous les faits relatifs à ces deux liquides.

Seulement, ce n'est pas encore pour nous le moment de développer certaines vues générales sur les rapports de la lymphe et du chyle avec le sang; d'exposer les analogies et les différences de ces trois fluides; en un mot, de tracer un parallèle qui ne peut trouver sa place qu'après l'histoire du sang et celle de la respiration.

I. — La *lymphe*, ce contenu des vaisseaux lymphatiques généraux, est un liquide d'ordinaire incolore ou faiblement coloré en jaune, légèrement visqueux et opalin; elle offre une saveur peu prononcée, une réaction alca-

(1) *Ouv. cit.*, t. II, p. 106.

(*) Évidemment, comme autre source importante de réparation du sang, on ne doit pas oublier les matières organiques, solubles et alimentaires, que les *veines* puisent dans le tube digestif.

line, et, après son extraction des vaisseaux, forme un caillot qui se sépare du sérum.

a. — On peut se procurer la lymphe de diverses manières. Sur l'animal qui vient de mourir, on n'en obtient qu'une bien faible proportion en piquant les ganglions ou les vaisseaux lymphatiques ordinaires ; la quantité est plus considérable si l'on agit sur la grande veine lymphatique droite, et principalement sur le *canal thoracique*. Dans ce dernier cas, pour avoir la lymphe exempte de chyle, un jeûne de plusieurs jours est nécessaire, et encore cette précaution ne saurait-elle donner un résultat complet chez les herbivores, dont l'intestin n'est jamais entièrement vide d'aliments, quelle que soit d'ailleurs la durée de l'abstinence : la lymphe, prise dans le canal thoracique de ces animaux est toujours mélangée avec le liquide puisé par les chylifères dans le tube digestif (*). Sur le cheval et le bœuf, il est au contraire facile de recueillir, à l'aide de petits tubes introduits dans les vaisseaux lymphatiques du cou, des lombes ou du bassin, une lymphe parfaitement pure et assez abondante pour pouvoir être soumise à l'analyse chimique.

Plusieurs occasions se sont offertes, chez l'homme vivant, de voir s'écouler la lymphe hors de ses vaisseaux ouverts accidentellement ou volontairement. Assalini (1) rapporte que cinq livres de ce liquide ont été recueillies dans l'espace de trois jours, sur un enfant de onze ans atteint d'une petite plaie à la partie interne de la cuisse. Un malade admis à la clinique chirurgicale du professeur Wutzer, à Bonn, avait un écoulement continuel de lymphe par une blessure occupant le dos du pied (2). Sœmmerring (3) a pu recueillir une notable quantité de ce fluide en faisant, sur une femme, une ponction à des varices lymphatiques situées dans la même région ; H. Nasse (4) et Krimer (5) l'ont aussi extrait de tumeurs de la même nature. C'est également sur de la lymphe qui s'écoulait d'une blessure existant au cou-de-pied d'un individu, que Marchand et Colberg (6) ont expérimenté pour en étudier la composition chimique. Enfin tout récemment, Quévenne et Gubler (7) ont analysé, chez une femme, la lymphe qui, « à la partie antérieure et supérieure de la cuisse gauche, à deux centimètres au-dessous du pli de l'aine, » s'échappait de dilatations ampullaires du réseau lymphatique sus-dermique de cette région.

Seulement il est à craindre que, dans plusieurs de ces cas, les observateurs ne se soient fait illusion, et qu'en croyant examiner une lymphe normale, ils aient eu affaire à une lymphe dans l'état pathologique.

b. — Il est bien difficile d'évaluer, même d'une manière approximative, la *quantité* de lymphe qui se verse sans interruption dans le système veineux.

(*) Si le procédé qui consiste à établir (chez le bœuf et le cheval) des *fistules du canal thoracique* ne saurait procurer de la lymphe absolument pure, il permet au moins d'étudier les notables différences que la période digestive et la période de jeûne apportent dans la qualité et la quantité du fluide qui circule dans le système lymphatique.

(1) *Essai médical sur les vaisseaux lymphatiques*, p. 91. Turin, in-12.

(2) J. MUELLER, *Manuel de physiologie*, t. I, p. 199, trad. de Jourdan, 2ᵉ édit., revue par LITTRÉ. Paris, 1851.

(3) *De corporis humani fabricâ*, t. V, p. 416, § XXXV, nota 8. Trajecti ad Mœnum, 1800.

(4) *Zeitschrift für Physiologie*, t. V, p. 18.

(5) *Versuch einer Physiologie des Blutes*, p. 147.

(6) MUELLER'S *Archiv*, 1838, p. 134.

(7) C. DESJARDINS, *Mémoire sur un cas de dilatation variqueuse du réseau lymphatique superficiel du derme ; émission volontaire de lymphe. — Analyse de cette lymphe et réflexions* par QUÉVENNE et GUBLER (*Gaz. méd. de Paris*, 1854).

Quand nous avons parlé des fistules pratiquées au canal thoracique de grands herbivores, comme le cheval et le bœuf, nous avons rappelé pourquoi il y a impossibilité, malgré la durée de l'abstinence, de ne voir s'écouler au dehors que de la lymphe pure et exempte de tout mélange avec le chyle. Sans doute l'isolement de ces deux liquides pourrait plutôt s'obtenir, à l'aide du même procédé, chez des chiens qu'on soumettrait à une abstinence suffisamment prolongée; mais je ne sache pas qu'aucune tentative ait été faite dans cette direction. C'est en effet seulement au liquide complexe qui résulte du mélange de la lymphe et du chyle que s'appliquent certaines évaluations de *quantité* données par Colin (1). Nous croyons néanmoins utile de les reproduire ici : « Une seule des branches du canal thoracique donnait, *par heure*, jusqu'à 1210 grammes de ce fluide mixte sur une vache de petite taille, et 1725 grammes sur un petit taureau de dix-sept à dix-huit mois. L'une des quatre branches du canal d'un petit taureau versait jusqu'à 1500 grammes, et le canal simple d'une vache 5945 grammes pendant la même période. Le produit recueilli s'élevait, *en vingt-quatre heures*, de 25 à 30 kilogrammes pour des animaux de la même espèce encore loin d'avoir atteint l'âge adulte ; et à 95 000 grammes ou 95 litres sur une vache dont la totalité du chyle et de la lymphe pouvait s'écouler à l'extérieur. » Du reste, l'écoulement de ces deux fluides mélangés éprouvait quelques oscillations, dont les maxima répondaient aux périodes de la plus grande activité digestive, et les minima aux périodes de ralentissement de la chylification, et aussi de l'absorption des boissons qui s'opère surtout à l'aide des veines intestinales.

Dans les cas où, chez l'homme vivant, on a vu la lymphe s'écouler hors de ses vaisseaux, des observateurs ont noté la quantité recueillie dans un temps donné. C'est ainsi que, dans l'exemple que nous avons déjà cité d'après Assalini (2), cinq livres de lymphe se seraient écoulées, en trois jours, d'une petite plaie de la partie interne de la cuisse chez un garçon de onze ans. Dans l'observation toute récente qu'a publiée C. Desjardins (3), une femme, atteinte de dilatation variqueuse des lymphatiques inguinaux, « fournit, en vingt-quatre heures, 2880 grammes de lymphe et put en perdre plus de onze livres dans un écoulement qui dura quarante-huit heures. »

Lorsqu'on rapproche ces chiffres de ceux qui ont été obtenus chez les animaux dont nous avons parlé, on n'est guère mieux éclairé sur la quantité réelle de lymphe pure qui, en vingt-quatre heures, s'introduit dans les veines, mais au moins on a la certitude que cette quantité doit être très considérable. Toutefois, à cause des raisons indiquées plus haut, elle ne l'est sans doute pas autant que porteraient à le croire les expériences avec les fistules du canal thoracique.

D'après Collard de Martigny (4), il est diverses conditions qui font varier la quantité du fluide contenu dans le système lymphatique. Ainsi, lors de la digestion intestinale et de la réplétion des chylifères, on ne trouve qu'une très petite quantité de lymphe dans tous les autres vaisseaux lymphatiques ; tandis que ces derniers vaisseaux se remplissent de plus en plus quelques heures après l'absorption du chyle. Cet état de turgescence devient surtout très appréciable, quand on soumet divers animaux de la même espèce (chiens) à une abstinence absolue, c'est-à-dire

(1) *Ouv. cit.*, t. II, p. 110. Paris, 1856.
(2) *Ouv. cit.*, p. 91.
(3) *Loc. cit.*
(4) *Journal de physiologie expérim.*, t. VIII.

qu'on les oblige, faute des matériaux ordinaires de réparation, à vivre aux dépens de leur propre substance. En sacrifiant chaque jour un de ces animaux, on constate que les vaisseaux lymphatiques sont plus distendus chez l'animal tué après deux jours de jeûne que chez celui qu'on immole dès le premier jour. Pendant la première semaine surtout, il y a augmentation progressive de lymphe ; puis bientôt survient une période durant laquelle les vaisseaux lymphatiques se désemplissent peu à peu, de manière que, plusieurs heures avant la mort, ces vaisseaux et le canal thoracique sont revenus sur eux-mêmes et presque vides.

Ces observations ont conduit leur auteur à avancer, d'une manière générale, que la quantité de lymphe est en raison inverse de l'alimentation et en raison directe de l'abstinence. Ailleurs, nous dirons comment aussi, en pareil cas, se modifie la constitution de ce fluide, et pourquoi il devient plus coagulable qu'à l'état normal.

c. — En énumérant, plus haut, les *propriétés physiques et organoleptiques* de la lymphe, nous avons dit que ce liquide était, en général, incolore ou très faiblement coloré en jaune. Mais il peut présenter d'autres nuances qui varient avec les conditions dans lesquelles on l'a recueilli. Ainsi sa *couleur* devient sensiblement rosée par suite de l'abstinence ; elle se fonce et devient rougeâtre toutes les fois que la lymphe provient d'un organe plus ou moins gorgé de sang, et c'est la raison qui fait que la lymphe splénique, en particulier, peut offrir une teinte d'un rouge plus ou moins obscur, comme l'ont noté Hewson, Fohmann, Tiedemann et Gmelin, J. Müller, etc. La vérité est que, dans les cas où la rate est réduite de volume et peu gorgée de sang, la lymphe qui en part ne diffère pas par son aspect de celle des autres organes. Quant à la lymphe qui revient du foie, ce n'est qu'exceptionnellement qu'elle présente une coloration très jaune, comme cela se voit chez les animaux qu'on a rendus ictériques par la ligature du canal cholédoque (1).

La *saveur* de la lymphe est fade ou à peine salée ; on y distingue aussi un arrière-goût légèrement alcalin.

Ce même liquide a une *odeur* animalisée à peine sensible, dans laquelle on a cru démêler celle du sperme. Au dire de quelques expérimentateurs, la lymphe offre une odeur qui rappelle celle de l'animal dont elle provient ; mais nous n'avons pu réussir à confirmer cette dernière assertion par nos propres recherches. Sa *densité*, d'ailleurs variable et corrélative à la proportion de fibrine et de sels tenus en dissolution, est un peu supérieure à celle de l'eau : elle a été évaluée à 1022 (2), à 1037 (3), à 1045 (4), etc.

d. — La lymphe, exposée au contact de l'air, ne tarde pas à se *coaguler spontanément*, à cause de la fibrine qu'elle renferme ; puis les éléments de ce liquide, comme on l'observe pour le sang, finissent par se séparer en une portion solide ou *caillot* et en une portion liquide ou *sérum*. Cette séparation a lieu aussi bien

(1) TIEDEMANN et GMELIN, *Rech. expér., physiol., et chim. sur la digestion*, t. II, p. 49 et 50. Trad. de Jourdan, Paris, 1827.

(2) MAGENDIE, *Précis de physiol.*, t. II, p. 192. Paris, 1836.

(3) MARCHAND et COLBERG, dans GILBERT'S *Annalen*, t. CXIX, p. 607.

(4) KRIMER, *Versuch einer Physiol. des Blutes.* Ebend., 1822.

dans le vide qu'au contact de l'air, de l'hydrogène ou de l'acide carbonique (1); ce qui prouve qu'elle ne dépend point de la présence de l'oxygène, mais d'un nouvel arrangement moléculaire. La coagulation s'opère après un intervalle de temps variable, et c'est seulement dans des circonstances exceptionnelles qu'elle n'a pas lieu.

Quant à la proportion du caillot à la masse totale du liquide, elle est évaluée à 0,0030 par Desgenettes (2), à 0,0050 par Gmelin (3), à 0,0066 par H. Nasse (4), à 0,0144 par Friedrich (5), à 0,0190 par Krimer (6).

Le *caillot*, petit, mou, translucide, et de couleur rosée à cause de la présence de globules sanguins, offre une densité croissante. S'il est en couches minces, il se dessèche; il se ramollit et se décompose s'il a plus d'épaisseur. Magendie et Collard de Martigny ont signalé à sa surface des arborisations particulières qui apparaîtraient lors de sa formation. Il prend une couleur écarlate par l'oxygène, le chlorure de sodium, le nitrate de potasse, et devient pourpre foncé au contact de l'acide carbonique. Tous ces effets sont d'ailleurs d'autant plus prononcés que la lymphe renferme plus de globules hématiques.

Le *sérum* est légèrement jaunâtre; il verdit les couleurs bleues végétales, et ne serait que faiblement troublé par l'alcool et les acides, d'après Sœmmerring et Brande; tandis que, d'après nos propres observations, ces réactifs y font naître des flocons abondants et très divisés. Le nitrate d'argent et le deuto-chlorure de mercure donnent lieu à un précipité caséiforme. Par l'évaporation, on obtient un résidu visqueux, jaune doré, translucide, avec quelques cristaux salins.

e. — L'*examen microscopique* a fait découvrir d'assez nombreux corpuscules tenus en suspension dans la lymphe. Hewson (7) paraît être le premier qui ait signalé, dans la lymphe des animaux, l'existence de globules dont J. Müller a démontré, plus tard, la présence dans celle de l'homme. Ces corpuscules, de forme sphérique, sont diaphanes, incolores ou blanchâtres; leur diamètre est de 0,0040 de ligne d'après Wagner; de 0,005 à 0,0012 d'après Berres (8). Henle (9) en a décrit de 0,002 à 0,005 de ligne, ronds, tantôt lisses, tantôt grenus, ou à contours lisses avec une surface granulée, et que Bouisson (10) considère comme des agglomérations de globules. Ce dernier observateur reconnaît dans la lymphe des globules de dimensions variables : les plus petits, ou les *globulins*, se trouvent dans la lymphe qui n'a pas traversé les ganglions; les *globules proprement dits* existent dans la lymphe modifiée par ces organes, et les *globules à noyaux multiples* sont propres au liquide du canal thoracique. Suivant le même auteur, il y a ressemblance entre ces divers globules et ceux du chyle. Quant à leur structure, R. Wagner a signalé de fines granulations dans leur intérieur; Henle y a décrit des noyaux plus petits que les globules du sang, simples, arrondis, avec une tache

(1) LEURET et LASSAIGNE, *Recherches physiol. et chim. pour servir à l'hist. de la digestion*, p. 163. Paris, 1825.
(2) *Analyse du système absorbant ou lymphatique.* Montpellier, 1791.
(3) *Loc. cit.*
(4) *Zeitschrift für Physiol.*, etc., t. V.
(5) HORN'S *Neues Archiv.*, t. I, p. 363.
(6) *Ouv. cit.*, p. 147.
(7) *Experimental Inquiries containing a Description of the Lymphatic System*, t. II, p. 100.
(8) *Anat. der mikrosk. Gebilde des menschl. Körpers*, p. 72.
(9) *Anatomie générale*, trad. par Jourdan, t. I, p. 447.
(10) *De la lymphe et de ses altérations morbides*, 1845.

centrale de teinte plus foncée, ou bien irrégulièrement divisés ou composés de deux à trois granules. Il faut encore noter, dans la lymphe, la présence de particules graisseuses que divers auteurs ne croient pas constante.

Quant à Gubler et à Quévenne (1), ils résument ainsi les résultats de leurs observations microscopiques : La lymphe tient en suspension, dans un liquide séreux, 1° des corpuscules hématiques toujours d'un diamètre inférieur à ceux du sang, les uns lenticulaires, comme les corpuscules sanguins proprement dits, les autres très petits, sphéroïdaux et lisses; 2° des globules pâles, ou à peine colorés, qu'on a coutume de désigner plus spécialement sous le nom de globules de lymphe et dont quelques-uns dépassent le volume des globules rouges du sang, tandis que la plupart, réduits pour ainsi dire à un noyau, n'atteignent que la moitié de cette dimension ; 3° enfin, des granules moléculaires de matière grasse.

Les premiers éléments semblent être des modifications des globules sanguins, dont ils offrent l'aspect et les réactions chimiques; les seconds, envisagés dans leur forme extérieure, ressemblent aux globules blancs du sang, dont ils diffèrent pourtant à quelques égards : ce sont les véritables corpuscules de la lymphe pour la plupart des auteurs; enfin les derniers sont identiques aux corpuscules graisseux du chyle.

f. — Les *analyses chimiques* de la lymphe, dont on a publié jusqu'à présent les résultats, ont été faites sur l'homme, sur le chien, l'âne et le cheval.

Chez un chien à jeun depuis plusieurs jours, Chevreul (2) a trouvé la lymphe du canal thoracique ainsi composée :

Eau.	926,4
Fibrine.	004,2
Albumine.	061,0
Chlorure de sodium.	006,1
Carbonate de soude.	001,8
Phosphate de chaux. — magnésie. Carbonate de chaux.	000,5
	1000,0

La lymphe du plexus lombaire, chez un cheval à jeun depuis vingt-quatre heures, a été analysée par Gmelin (3); elle a donné :

Eau.	96,10
Albumine.	2,75
Fibrine.	0,25
Chlorure de sodium. Carbonate de soude. Phosphate de soude. Matière analogue à la ptyaline.	0,21
Osmazôme, chlorure et lactate sodiques.	0,69
	100,00 (*).

(1) *Loc. cit.*
(2) MAGENDIE, *Précis de physiologie*, t. II, p. 192. Paris, 1836.
(3) ANT. MUELLER, *Dissert. experimenta circa chylum sistens*, p. 55. Heidelberg, 1819.

(*) C'est à tort que divers auteurs ont cité cette analyse de GMELIN comme ayant porté sur de la *lymphe humaine*.

Leuret et Lassaigne (1) ont obtenu des résultats différents avec la lymphe recueillie dans les vaisseaux du cou d'un cheval :

Eau.	92,500
Albumine.	5,736
Fibrine.	0,330
Chlorure sodique. . . . . } Chlorure potassique. . . . . } Soude. . . . . } Phosphate calcique. . . . . }	1,434
	100,000

Rees (2), ayant fait l'analyse comparative du chyle et de la lymphe d'un âne nourri de fèves et d'avoine, donne à ces deux liquides la composition suivante :

	Chyle.	Lymphe.
Eau.	90,237	96,536
Matière albumineuse.	3,516	1,200
Fibrine.	0,370	0,120
Extrait animal soluble dans l'eau et l'alcool.	0,332	0,240
Extrait animal soluble dans l'eau seulement.	1,233	1,319
Matière grasse	3,601	traces
Chlorure, sulfate, carbonate et phosphate alcalins. . . . . } Oxyde de fer. . . . . }	0,711	0,585
	100,000	100,000

Dans cette expérience, le chyle avait été extrait des gros chylifères qui se rendent des ganglions du mésentère au réservoir sous-lombaire, et la lymphe provenait des vaisseaux lymphatiques des membres postérieurs.

Il résulte de cette analyse comparative que la lymphe et le chyle, qui se composent à peu près des mêmes éléments solides, diffèrent néanmoins par les quantités relatives de ces éléments, qui sont moindres dans la lymphe que dans le chyle (*)

La lymphe de l'homme, extraite d'une blessure des vaisseaux lymphatiques du dos du pied, a été analysée par Marchand et Colberg (3) ; elle contenait :

Eau.	96,926
Fibrine.	0,520
Albumine.	0,434
Osmazôme (et perte).	0,312
Huile grasse et graisse cristalline. . . .	0,264
Chlorure sodique . . . . } Chlorure potassique. . . . . } Carbonate et lactate alcalins. . . . } Sulfate calcique. . . . . } Phosphate calcique. . . . . } Oxyde ferrique . . . . }	1,544
	100,000

(1) *Ouv. cit.*, p. 165.

(2) *London and Edinb. Philos. Magaz.*, 1841, p. 547.

(*) Rees (*London and Edinb. Philos. Magaz.*, 1842, p. 508) a eu occasion d'analyser *mélange de chyle et de lymphe* contenu dans le canal thoracique d'un homme, une heure et dem après la mort par suspension. Cette analyse a donné : Eau, 90,48 ; albumine et traces de fibrin 7,08 ; matières grasses, 0,92 ; extrait aqueux, 0,56 ; extrait alcoolique, 0,52 ; chlorure de pota sium, carbonate, sulfate et traces de phosphate potassiques, avec oxyde ferrique, 0,44.

(3) Mueller's *Archiv.* 1838, p. 134.

Lhéritier (1) a analysé la lymphe provenant du canal thoracique d'un homme mort d'un ramollissement du cerveau et n'ayant pris qu'un peu d'eau trente heures avant sa mort. Ce chimiste a trouvé :

Eau.	924,36
Fibrine.	3,20
Albumine.	60,02
Graisse.	5,10
Sels.	8,25

Nous citons cette dernière analyse (qui présente certainement une erreur de chiffres) sans y attacher la même importance qu'à celle dont Quévenne et Gubler (2) viennent de faire connaître les résultats. Il s'agit, comme nous l'avons dit plus haut, de lymphe s'écoulant, chez une femme vivante, des vaisseaux lymphatiques de l'aine devenus variqueux. Considérant ce liquide comme exempt de mélange avec le chyle aussi bien que de toute autre altération, ces expérimentateurs le donnent comme type de l'état normal et lui assignent la composition suivante :

PREMIÈRE ANALYSE.	Pour 100 grammes.	
Fibrine	0,656	6,013 de matériaux solides.
Matière grasse.	0,382	
Matière albumineuse, contenant seulement 1 centième de son poids de phosphate terreux, *avec traces de fer*	4,275	
Extrait hydro-alcoolique, contenant du *sucre* et ayant laissé par incinération 0,730 d'un mélange salin composé de chlorure, phosphate et carbonate sodiques	1,300	
Eau.	93,9[illegible]7	
	100,000	

DEUXIÈME ANALYSE.	Pour 100 grammes.	
Fibrine.	0,063	6,523
Matière grasse fusible à 39° c.	0,920	
Matière albumineuse avec *traces de fer.*	4,280	
Extrait hydro-alcoolique, contenant du *sucre* au nombre de ses éléments.	1,260	
Eau.	93,477	
	100,000	

Il n'y a de différence marquée entre ces deux analyses que pour la quantité de matière grasse, qui est près de trois fois plus considérable dans la deuxième : sous ce rapport, il en serait ici comme dans le lait, où l'élément essentiellement mobile, quant aux proportions, est aussi la matière grasse.

Ces deux mêmes analyses rappellent l'existence dans la lymphe d'un principe immédiat déjà aperçu par Brande (3), à savoir : une espèce de *sucre* (*). Elles démontrent de plus, dans le caillot de lymphe, la présence contestée du *fer*. Il est vrai

(1) *Traité de chim. path.*, de A. BECQUEREL et RODIER, p. 2. Paris, 1854.

(2) *Loc. cit.*

(3) *Philos. Transact. for the Year*, 1812 ; et SCHWEIGGER'S *Journal*, t. XVI, p. 376.

(*) Cette espèce de sucre, dont nous aurons plus tard à déterminer l'origine, est réputée être de la *glycose*.

Tout récemment, POISEUILLE et LEFORT (mémoire lu à l'Académie des sciences, séance du 22 mars 1858) en ont fait connaître la quantité chez un chien et un cheval tués en pleine digestion : elle était de 0gr,166 dans la lymphe du chien, et de 0gr,142 dans la lymphe du cheval.

qu'aux yeux de Gubler et Quévenne, la lymphe renfermerait, *normalement* et en assez grand nombre, des globules hématiques auxquels on a coutume de rapporter les teintes jaune ou rougeâtre de ce liquide, et desquels aussi, comme chacun le sait, le fer est un élément constitutif.

Les analyses chimiques de ces deux auteurs diffèrent, sous plusieurs rapports, de celles que nous avons citées précédemment. Ces différences portent principalement sur la matière grasse, la substance albuminoïde et la fibrine. Tandis que Quévenne et Gubler ont obtenu une première fois 0,382 et en dernier lieu 0,920 de *graisse* sur 100 parties de lymphe, Marchand et Colberg, par exemple, n'en ont trouvé que 0,264. Rees en signale seulement des traces, et Gmelin ne l'indique pas du tout. Dans le cas des deux chimistes français, la proportion de *matière albumineuse* s'élève de 4,275 à 4,280; elle est presque une fois plus faible dans celui de Gmelin (2,750) ; dans le fait de Rees, en réunissant les trois substances qu'il désigne sous les noms de matière albumineuse et de matières animales extractives solubles dans l'eau et l'alcool ou dans l'eau seulement, on ne trouve pour chiffre total que 2,759; enfin Marchand et Colberg n'en accordent que la dixième partie de la quantité extraite par Gubler et Quévenne, ou environ la dixième partie de celle qui a été trouvée par les autres expérimentateurs (1). En revanche, les chimistes de Halle comptent jusqu'à 0,520 de *fibrine*, c'est-à-dire près de dix fois autant que ceux de Paris en ont rencontré dans le même poids de lymphe. « Or, disent ces derniers (2), bien que les chiffres donnés par Rees (0,120), et surtout par Gmelin (0,250), s'éloignent beaucoup moins que le nôtre de l'évaluation de Marchand et Colberg, nous ne pouvons nous défendre de penser que l'analyse de ces derniers savants est entachée d'erreur (*). D'une part, on ne comprend guère que la lymphe soit si pauvre en albumine, et, d'autre part, il semble peu probable qu'elle renferme une proportion de fibrine supérieure à celle qui est normale dans le sang. La faible quantité de lymphe sur laquelle Marchand et Colberg ont dû opérer (puisque d'après Henle (3) ils n'en avaient pu recueillir qu'un gramme et demi dans l'espace de vingt-quatre heures) expliquerait suffisamment l'inexactitude de quelques-uns de leurs résultats. »

La conclusion générale du travail de Gubler et Quévenne peut être formulée dans cette proposition : La lymphe diffère du sang seulement par les quantités absolues et les proportions relatives de ses éléments qui lui sont d'ailleurs *presque tous* communs avec ce dernier fluide.

J'ajouterai que, dans ces derniers temps, Ad. Wurtz (**) m'a dit avoir trouvé l'*urée* dans la lymphe du chien et du cheval.

(1) En y ajoutant l'osmazôme, soit 0,312, on n'obtiendrait encore que 0,746 de matière albuminoïdes.

(2) *Loc. cit.*

(*) D'ailleurs il est permis de se demander si Gmelin et Rees, qui ne soupçonnaient pas la présence d'une grande quantité de globules emprisonnés dans le réseau fibrineux, comme l'admetten Gubler et Quévenne, ont pris la précaution de laver le caillot, et s'ils ont eu, comme eux, le soi de le dessécher jusqu'à poids constant.

Nous croyons devoir rappeler que les analyses de Rees et de Gmelin, dont les chiffres viennen d'être cités, ont porté sur la lymphe de l'âne et du cheval, et non sur celle de l'homme, comm ont l'air de le penser Gubler et Quévenne. Chez l'homme, Rees n'a analysé que le *liquide mixt* contenu dans le canal thoracique (voir, plus haut, la note de la page 410).

(3) *Anat. générale*, trad. fr. de Jourdan, t. I, p. 445.

(**) Communication écrite du 22 mars 1858. — WURTZ avait déjà signalé la présence de l'*ur* dans le chyle d'un taureau nourri à la viande (*Bulletin de l'Acad. de méd. de Paris*, 1857); il l constatée, depuis, dans le chyle du chien.

Il serait bien à désirer, pour l'histoire physiologique de la lymphe, que les chimistes pussent se convaincre davantage de l'importance qu'il y a, pour le contrôle réciproque de leurs analyses, à accomplir celles-ci dans les mêmes conditions d'espèce, d'âge, de trajet dans l'organisme, d'alimentation ou d'abstinence.

Nul doute que le jeûne, par exemple, ne modifie sensiblement la composition de la lymphe. Chez les chiens, ce liquide est, pendant les premiers temps, plus riche en principes constitutifs, plus coagulable et plus odorant qu'à l'état normal; puis il perd de ses principes et de son odeur, se coagule plus lentement, et finit par ne plus se coaguler du tout (1).

Le tableau suivant présente quelques-unes des différences observées dans la lymphe de ces animaux jusqu'au vingt et unième jour de jeûne :

	Après 32 heures.	Après 9 jours.	Après 21 jours.
Eau et sels	9400	9314	9368
Fibrine	30	58	32
Albumine, graisse, matière colorante, etc.	570	628	600

Des différences notables existent aussi pour la lymphe quand on vient à la recueillir dans divers points de son trajet. A mesure que ce liquide se rapproche du canal thoracique, les globules s'y montrent en nombre plus considérable, et la fibrine augmente de quantité. Hewson (2) considérait les ganglions lymphatiques comme des organes destinés à former les globules de la lymphe : il ne faut pas croire néanmoins que ces corpuscules doivent leur origine aux ganglions seulement, puisque J. Müller (3) en a trouvé dans des vaisseaux qui n'avaient encore traversé aucun ganglion. Mais une analyse comparative, faite par Gmelin (4) sur la lymphe du plexus lombaire et sur celle du canal thoracique, chez le cheval, tend à établir que l'augmentation de la fibrine peut réellement avoir lieu dans les ganglions lymphatiques : ainsi, dans la lymphe recueillie avant son passage à travers ces organes, la proportion de fibrine était de 25 pour 1000, et, dans la lymphe thoracique, de 42 pour 1000.

Du reste, il en est de la lymphe comme du chyle : ces deux liquides paraissent subir dans les ganglions une élaboration qui a pour résultat d'en perfectionner les éléments et de rapprocher de plus en plus leur composition de celle du fluide sanguin auquel ils aboutissent l'un et l'autre.

II. Nous avons dit que c'est au liquide circulant dans les lymphatiques de l'intestin, durant la période digestive, qu'on doit réserver le nom de *chyle*. Nous avons vu aussi qu'on ne saurait plus, avec les anciens physiologistes, regarder ce fluide comme l'unique produit utile de la digestion; qu'en d'autres termes, le contenu de l'appareil chylifère ne représente pas *toute* la matière nutritive extraite des aliments, et que, comme auxiliaire puissant de cet appareil, existe encore le système de la veine porte pour concourir à l'absorption digestive. (Voir plus haut, p. 362 et suiv.)

Vient-on à sacrifier un chien, par exemple trois ou quatre heures après son

(1) Collard de Martigny, *Journal de physiologie expérimentale*, t. VIII, p. 183.
(2) *Experimental Inquiries*, etc., t. III, p. 67.
(3) *Archiv für Physiologie*, 1835, p. 113.
(4) Ant. Mueller, *Dissert. experim. circà chylum. sistens*. Heidelberg, 1819.

repas ordinaire de viande, et à examiner le mésentère et la muqueuse de l'intestin, on est tout d'abord frappé de la présence d'innombrables arborisations blanches qui ne sont que les chylifères distendus par une liqueur offrant l'aspect du lait; la citerne sous-lombaire et le reste du canal thoracique, fortement dilatés, sont également remplis d'un liquide analogue à celui qui se trouve actuellement dans les chylifères. Ouvre-t-on comparativement un autre chien dont la digestion intestinale est entièrement achevée, l'aspect de l'appareil chylifère est bien différent : les lymphatiques de l'intestin, rétrécis, contractés et ne renfermant plus qu'un liquide transparent et analogue à celui qui circule dans toutes les autres parties du système lymphatique, sont à peine apercevables sous la forme de filaments translucides; le canal thoracique, avec sa citerne lombaire, est aussi sensiblement diminué de calibre et ne renferme plus qu'un liquide plus ou moins transparent.

Les différences sont très frappantes encore, quand on a pratiqué des fistules au canal thoracique vers son abouchement dans les veines sous-clavières ou jugulaires internes. Alors, sur les animaux dont la digestion est en pleine activité, et notamment sur les ruminants, chez qui cette fonction est à peu près continue, on voit des masses énormes de liquide *lactescent* s'écouler à l'extérieur (1). Toutefois, si l'écoulement du liquide par les fistules est continu, il est facile de reconnaître que les quantités écoulées, dans un même laps de temps, sont notablement moindres pendant les intervalles des repas.

De pareils faits, en démontrant la coïncidence de la réplétion du système chylifère et de la présence dans le tube digestif de matières susceptibles d'être absorbées, sont donc bien propres à établir qu'à chaque période digestive de nouveaux matériaux s'introduisent dans les vaisseaux lymphatiques de l'intestin.

Nous sommes ainsi amené à nous enquérir de la nature variée de ces matériaux qui entrent dans la composition du chyle. Mais, avant d'étudier ce liquide au point de vue chimique, nous dirons comment on doit le recueillir, quels sont ses caractères physiques et ses propriétés diverses.

a. — Si, comme autrefois, on voulait *recueillir le chyle* dans le canal thoracique, on le trouverait, même dans les moments de la plus grande activité digestive, mélangé avec une assez grande quantité de lymphe. Heureusement il est facile, par un autre procédé qui est dû à Colin (2), d'obtenir le chyle pur ou presque pur, sur des animaux vivants, sans troubler profondément les fonctions digestives. Il existe en effet, surtout chez le bœuf, une disposition anatomique consistant en ce que des vaisseaux lactés, considérables et peu nombreux, se réunissent en un gros tronc qui suit l'artère mésentérique et sa veine satellite, tronc qui reçoit sur son trajet plusieurs branches provenant des divers points de l'intestin. Or, en fixant de petits tubes d'argent, soit au vaisseau chylifère principal, soit à ses afférents, on peut, en quelques instants, se procurer de grandes quantités de chyle presque complétement exempt de lymphe. Du reste, d'après Colin, les détails de l'opération sont fort simples : lorsque le bœuf a ruminé pendant quelques heures après le repas, une incision de 12 à 15 centimètres est pratiquée au flanc droit, et l'on retire par cette ouverture le mésentère avec quelques anses d'intestin grêle. Dès que le chylifère principal est mis à nu, on l'incise et l'on y fixe un tube d'argent

(1) COLIN, *Traité de physiol. comp. des animaux domestiques*, t. II, p. 100 et suiv. Paris 1856. — Et *Mémoire sur la formation du chyle*, lu à l'Acad. de méd. de Paris dans la séance du 7 juillet 1857.

(2) *Ouv. cit.*, t. II, p. 5 et suiv.

à l'aide d'une ligature; puis, après avoir rentré dans l'abdomen les parties mises momentanément au contact de l'air, on peut aisément recevoir dans une capsule le liquide qui s'échappe du tube. S'il s'agit de continuer à recueillir le liquide pendant longtemps, on adapte au tube un prolongement flexible de caoutchouc, en prenant la précaution de fermer la plaie de l'abdomen par une suture. Enfin, lorsqu'une quantité suffisante de chyle a été obtenue, on détache les tubes avec précaution et l'on abandonne à lui-même l'animal, qui ne tarde pas à se rétablir.

En piquant, lors de leur réplétion, les vaisseaux lactés du mésentère le plus près possible de l'intestin ou sur l'intestin lui-même, on arrive encore à se procurer du chyle à peu près privé de lymphe. Mais la quantité ainsi recueillie, si elle suffit aux observations microscopiques, ne saurait, en général, servir à faire des analyses et à déterminer la composition du chyle. Le même procédé peut être mis en usage sur les chylifères qui ont déjà traversé des ganglions, lorsque, sous certains rapports, on veut étudier comparativement le chyle qui a dû subir l'action de ces organes et le chyle qui ne l'a pas encore subie.

Mais quand, sur le chien en particulier, on se propose d'obtenir une quantité de chyle assez considérable pour en faire l'analyse, on est bien forcé de l'extraire encore du canal thoracique, où conséquemment il est mêlé à la lymphe provenant des diverses parties du corps. A cet effet, après avoir tué l'animal par strangulation ou par section de la moelle allongée au moment où la digestion est en pleine activité, on incise la poitrine dans toute sa longueur et l'on passe un stylet armé d'une ligature au-devant de la colonne vertébrale, de façon à embrasser l'aorte, l'œsophage et le canal thoracique, le plus près possible du col. En renversant ou en cassant les côtes gauches, on trouve le canal thoracique accolé à l'œsophage : sa partie supérieure est détachée et incisée avec précaution, puis on reçoit dans un vase le chyle qui s'écoule (1). On aide à cet écoulement en comprimant doucement la masse intestinale. — Un autre procédé consiste à ouvrir le thorax au niveau des cartilages costaux du côté gauche, ainsi que la paroi abdominale correspondante; l'animal meurt par asphyxie. Le canal thoracique, rapidement mis à découvert, est alors lié sur plusieurs points, de manière à circonscrire avec des ligatures des espaces desquels on fait sortir le chyle par ponction du canal.

b. — En parlant de la lymphe, nous avons donné une idée approximative de la *quantité* de liquide (*lymphe* et *chyle*) que le canal thoracique déverse, en vingt-quatre heures, dans la masse du sang, et nous avons essayé de tenir compte des différences qu'apportent, dans la quantité et la qualité de ce liquide mixte, la période digestive et la période de jeûne. On a pu voir pourquoi, dans les évaluations de quantité que nous avons rapportées d'après les expériences sur de grands herbivores pourvus de fistules du canal thoracique, on ne saurait arriver à faire la part exacte du chyle et celle de la lymphe (voir plus haut, p. 405 et 406).

c. — Le chyle, qu'on se représente généralement comme un fluide blanc, opaque et analogue à du lait, offre en réalité des caractères physiques et des propriétés qui varient suivant les espèces animales et le genre de nourriture. Ce liquide, qui est blanc laiteux chez les carnassiers nourris de viande et chez les herbivores encore à la mamelle, n'est plus qu'un peu lactescent chez les herbivores adultes et placés dans les circonstances ordinaires. D'après Tiedemann et Gmelin (2), il est tout

(1) MAGENDIE, *Précis élément. de physiol.*, t. II, p. 172.
(2) *Rech. expérim. sur la digestion*, t. I, p. 276, 308, 318, etc., trad. de Jourdan.

à fait clair chez les brebis auxquelles on a fait manger de la paille, laiteux chez celles qui ont avalé de l'avoine, comme chez les chevaux auxquels a été donnée aussi cette dernière substance. Ces expérimentateurs disent avoir observé un chyle limpide ou à peine lactescent chez des chiens qui avaient mangé de l'albumine liquide, de la fibrine, de la gélatine, de l'amidon, du gluten ; il offrait une teinte manifestement blanche chez ces mêmes animaux nourris de lait, d'os, de viande, etc.

Le chyle des *Poissons*, d'après Alex. Monro (1) et W. Hewson (2), peut être opalin ou blanchâtre, mais il est le plus souvent limpide et tout à fait transparent. Il en est généralement ainsi chez les *Reptiles ;* toutefois, suivant W. Hewson, le chyle serait lactescent chez le crocodile, et Duvernoy (3) aurait vu ce liquide d'un beau blanc de lait chez un trigonocéphale à losanges. Chez les *Oiseaux*, le chyle est transparent comme la lymphe : ainsi Lauth (4) l'a trouvé incolore chez les dindons, les poules, les hérons, les cigognes, les goëlands, les canards, les oies sauvages ou domestiques. Chez un pic-vert, qui s'était nourri de fourmis, Duméril a pourtant vu les vaisseaux chylifères remplis d'un fluide blanchâtre.

Nous dirons plus loin à quelle cause on doit généralement attribuer ces différences dans l'aspect du chyle.

La *saveur* du chyle, ordinairement douce ou un peu salée, ne retient pas, d'une manière appréciable, celle des aliments qui ont fourni ce liquide. Elle est néanmoins légèrement sucrée chez les animaux nourris de féculents ; c'est qu'en effet, dans ce cas surtout, le chyle renferme une certaine proportion de glycose.

Son *odeur*, au dire de quelques expérimentateurs, rappellerait celle du sperme humain, non-seulement dans l'homme, mais dans le cheval, le chien, le mouton, etc., et généralement dans tous les animaux où le chyle a été examiné, chez les femelles comme chez les mâles, chez ceux à qui les testicules ont été enlevés depuis longtemps, comme chez ceux qui les ont encore. Il serait peut-être plus vrai de dire que ce liquide exhale une odeur qui varie suivant les espèces : Tiedemann et Gmelin (5), en flairant le chyle d'un chien nourri, pendant quatre jours, avec du beurre fondu et de l'eau, y ont reconnu l'odeur propre à cet animal ; Vauquelin (6), en traitant le chyle de cheval par les acides, a constaté qu'il s'exhalai du mélange « une odeur de soufre qui a quelque analogie avec celle des écuries » et Bouisson (7), en appliquant le procédé de Barruel pour dégager le principe odorant du sang, qui diffère selon les animaux, a reconnu que quelques gouttes d'acide sulfurique concentré versées sur du chyle de chien, récemment extrait du canal thoracique, développent l'odeur particulière à cette espèce animale.

La fluidité du chyle est assez grande pour lui permettre de sortir par jet de ses vaisseaux. Toutefois sa *consistance* est variable suivant la nature des aliments e la quantité de boisson. Il en est de même de sa *pesanteur spécifique*, qui, inférieure à celle du sang, est supérieure à celle de l'eau distillée : elle est, en général, de 1021 à 1022, d'après Alex. Marcet (8).

(1) *The Structure and Physiology of Fishes*. Edinb., 1785.
(2) *Philos. Trans.*, 1769, p. 204.
(3) *Leçons d'anatomie comparée* de G. CUVIER, 2e édit., t. VI, p. 3. Paris, 1839.
(4) *Annales des sciences naturelles*, 1re série, t. III, p. 386.
(5) *Recherches expérim. physiol. et chim. sur la digestion*, trad. de Jourdan, t. I, p. 193 Paris, 1827.
(6) *Annales de chimie*, t. LXXXI, p. 118, et *Annales du Muséum*, t. XVIII, p. 243.
(7) *Études sur le chyle*, dans *Gazette médicale de Paris*, 1844, t. XII, p. 412.
(8) *Some Experim. on the Chem. Nat. of Chyle*, etc., dans *Medic. Chir. Trans*, 181[illegible] vol. VI.

d. — L'*étude microscopique* du chyle a été faite par un assez grand nombre d'observateurs. Pour procéder à cette étude, on conseille de chauffer à la température de 35 degrés centigrades le *porte-objet* et de délayer le chyle dans une goutte d'eau élevée à la même température. Cette précaution est prise dans la croyance qu'on empêche ainsi une coagulation trop rapide. L'aspect microscopique varie d'ailleurs suivant le point où le chyle a été recueilli.

Deux sortes de corpuscules sont tenus en suspension dans ce liquide.

1° Il en est qui, signalés pour la première fois par Bohn, Asche et Berger (1), sont formés par de la matière grasse *émulsionnée*, c'est-à-dire divisée en particules d'une grande finesse ; on les rencontre surtout dans le sérum. Ils sont dépourvus de noyaux et présentent des dimensions variables. Ces corpuscules graisseux du chyle, solubles dans l'éther, sont parfaitement sphériques, transparents au centre et obscurs sur les bords. Leur nombre diminue à mesure que le chyle s'approche de la veine sous-clavière, mais cette diminution a lieu surtout au niveau des glandes mésentériques. C'est à eux principalement que le chyle doit son opacité.

2° Il y a d'autres corpuscules qui diffèrent aussi entre eux sous le rapport du volume : les uns, très petits, sont les *globulins ;* les autres, plus développés, sont les *globules* proprement dits.

Sous le nom de *globulins*, ont été décrits des corpuscules clairs, demi-transparents, sphériques, égaux à leur surface, d'un diamètre d'environ 0,0016 de ligne (Wagner), insolubles dans l'eau et dans l'éther, solubles dans l'ammoniaque. Quelques observateurs supposent que de leur agrégation résultent les globules proprement dits.

Quant à ces derniers, ou *globules du chyle*, ils sont un peu irréguliers sur les bords d'après Gurlt (2); C.-H. Schultz (3), Valentin (4), R. Wagner (5), s'accordent à leur reconnaître une surface inégale et granulée. Suivant ce dernier observateur (6), ils sont circulaires, même chez les animaux qui ont les globules du sang elliptiques.

Leur *diamètre*, chez l'homme, est de 0,0040 de ligne, d'après Wagner (7), et de 0,0024 selon Valentin (8); de 0,0009 à 0,0015 de ligne, suivant Krause (9). C. H. Schultz (10) l'évalue à 0,0005 ou à 0,0008 chez les mammifères en général; Gurlt (11) à 0,0036 chez les chevaux; Prévost et Leroyer (12) à 0,0015 chez la brebis. J. Müller (13) dit qu'en général les globules du chyle sont plus petits que les globules du sang chez les mammifères (veau, chèvre, chien), qu'ils leur sont rarement égaux (chat) ou supérieurs (lapin). H. Nasse (14) prétend au contraire qu'ils sont plus gros que ces derniers chez l'homme. Quant à Bouisson (15), il affirme aussi

(1) Auteurs cités par HALLER, dans *Elementa physiologiæ*, t. VII. p. 62.
(2) *Lehrbuch der vergleichenden Physiol.*, p. 136.
(3) *Das System der Circulation*, p. 39.
(4) *Repertorium*, etc., t. II, p. 72.
(5) *Zur vergleichenden Physiologie des Blutes*, t. II, p. 25.
(6) *Ouv. cit.*, p. 24.
(7) *Ouv. cit.*, p. 31.
(8) *Repertorium*, t. I, p. 278.
(9) *Handbuch der menslichen Anatomie*, t. I, p. 499.
(10) *Das System der Circulation*, etc. Stuttgard, 1836.
(11) *Lehrbuch der vergleichenden Physiol.*, p. 138.
(12) *Bibliothèque universelle de Genève*, t. XXVII, p. 233.
(13) *Manuel de physiol.*, trad. de Jourdan, t. I, p. 119. Paris, 1851.
(14) F. et H. NASSE, *Untersuchungen zur Physiol. und Pathol.*, t. II, p. 6 et suiv.
(15) *Loc. cit.*

que les globules chyleux les plus développés n'atteignent jamais le diamètre des globules sanguins; assertion opposée à celle de Vogel (1), qui assigne aux globules du chyle et à ceux de la lymphe un diamètre de 0,0025 à 0,0033 de ligne, et aux globules du sang aussi 0,0033.

Le *nombre* des globules chyleux proprement dits augmente à mesure que le chyle s'avance dans le système lymphatique, ce qui démontre qu'ils s'y forment; on en trouve beaucoup plus dans le canal thoracique que dans les vaisseaux du mésentère, au delà qu'en deçà des ganglions. La proportion dans le nombre des globules graisseux du chyle paraît suivre une loi inverse, d'après les observations de F. Arnold (2), de Schultz (3), Krause, etc.

Aux globules du chyle, qu'on suppose formés d'albumine coagulée ou de fibrine, Valentin (4) accorde un noyau intérieur, dont l'existence est niée par Bischoff (5). Suivant Bouisson, la plupart des globules n'offrent qu'un seul nucléole central, mais on en trouve quelques-uns avec des nucléoles multiples ; ces derniers globules lui ont paru plus nombreux chez les herbivores que chez les carnivores, et spécialement chez le lapin que chez le chien.

Les globules du chyle ne doivent pas tarder à devenir entièrement semblables à ceux de la lymphe, puisqu'il n'y a déjà plus moyen de distinguer les uns des autres dans les troncs des vaisseaux chylifères.

Quant aux globules sanguins colorés, dont beaucoup d'observateurs ont admis la présence dans le chyle et dans la lymphe du canal thoracique comme fait normal et non comme accident, on a cru devoir conclure qu'ils proviennent des corpuscules propres à ces deux liquides, de la même manière que les cellules naissent de leurs noyaux. H. Nasse (6), surtout, dans de nombreuses observations qui lui sont propres, s'est appliqué à saisir les divers degrés de transition par lesquels passeraient les précédents corpuscules pour se convertir en globules sanguins pourvus d'un noyau.

Plus tard, après avoir fait l'histoire du sang, nous aurons occasion de revenir sur les corpuscules de la lymphe et du chyle, et d'examiner la destination physiologique et les métamorphoses qu'on leur a attribuées.

e. — Le chyle, sorti de ses vaisseaux et soumis au contact de l'air, *se coagule* et se divise bientôt, comme le sang, en une partie solide ou *caillot*, et une partie liquide ou *sérum*. Cette coagulation, due à la présence de la fibrine, est tellement rapide, qu'on peut l'observer à l'embouchure même des vaisseaux par lesquels s'écoule le chyle, dont le cours est ainsi trop souvent suspendu dans les expériences.

Dans les premiers moments, il se forme une masse solide, molle, tremblotante comme de la gelée, adhérente aux parois du vase, mais qui finit par subir peu à peu une rétraction assez marquée; cette masse coagulée laisse alors échapper un liquide plus ou moins trouble et blanchâtre qui constitue le sérum du chyle.

La coagulation s'opère plus rapidement au contact de l'air ou de l'oxygène que dans les vaisseaux : sur le cadavre, le chyle qui séjourne dans le canal tho-

(1) *Untersuchungen ueber Eiter*, p. 86.
(2) *Lehrbuch der Physiol.*, t. II, p. 178.
(3) *Ouv. cit.*, p. 39.
(4) *Rec. cit.*, t. I, p. 278.
(5) MUELLER'S *Archiv*, 1838, p. 497.
(6) *Loc. cit.*

racique peut parfois rester plusieurs heures à l'état liquide, et Bouisson (1) l'a trouvé tel, même après vingt-quatre heures, chez un sujet qui avait succombé à une mort violente; mais il se coagula assez rapidement après son extraction du canal thoracique. Le chyle, sous ce rapport, différerait donc du sang, qui généralement se coagule dans les vaisseaux après la mort. La coagulation, plus lente dans l'hydrogène sulfuré (2) que dans l'oxygène, est aussi un peu moins rapide sous l'influence d'une température élevée que d'une température basse ; comme cela a lieu pour le sang, elle est retardée par l'addition au chyle d'une solution alcaline.

Le genre de nourriture a paru à quelques expérimentateurs avoir de l'influence sur la *coagulabilité* de ce fluide : celle-ci était faible chez une brebis nourrie de paille (3) ; elle était à peine marquée chez un poulain nouveau-né qui n'avait que de la liqueur amniotique dans l'estomac (4). Au dire d'Alex. Marcet et de W. Prout, qui ne s'est pas confirmé, l'alimentation animale, plus que l'alimentation végétale, augmenterait le degré de coagulabilité du chyle. Mais, sous ce rapport, le chyle offre des différences réelles suivant l'endroit de son trajet où il a été recueilli : Reuss et Emmert (5), W. Prout (6), Seiler et Ficinus (7), etc., s'accordent à reconnaître que ce liquide, pris dans le canal thoracique, se coagule d'une manière plus rapide et plus complète que celui qui provient des vaisseaux lymphatiques du mésentère. D'après Tiedemann et Gmelin (8), le chyle, qui n'a traversé aucune des glandes mésentériques, se coagule lentement et faiblement, tandis que celui qui a passé à travers ces glandes donne plus vite un caillot volumineux et compacte ; le chyle du canal thoracique se coagule presque instantanément.

Le *caillot*, d'abord mou, visqueux et facile à déchirer, se condense peu à peu pour devenir presque aussi consistant et aussi élastique que le caillot sanguin. Soluble dans l'acide chlorhydrique bouillant, il ne l'est qu'incomplétement dans l'acide acétique et les alcalis, avec l'intervention de la chaleur. Soumis à l'action du feu, il brûle avec lenteur, en répandant une odeur de corne et en laissant un charbon difficile à incinérer. (Vauquelin.)

Quant au *sérum*, il est rarement limpide, du moins chez les mammifères ; plus souvent lactescent ou opalin, il ne devient pas encore tout à fait clair, même après qu'on l'a traité par l'éther. Il n'en serait point ainsi si la lactescence était due exclusivement à de la matière grasse divisée en particules fines qui font du chyle une *émulsion* : la couleur blanche de ce fluide doit être aussi rapportée, pour une assez faible part, il est vrai, aux globules spéciaux qui s'y trouvent.

Le sérum du chyle se mêle à l'eau, verdit les couleurs bleues végétales, fournit un précipité floconneux par l'alcool, les acides minéraux, le deutochlorure de mercure et la chaleur. Évaporé à siccité, il présente un résidu dont une partie se dissout dans l'alcool, une autre dans l'eau, tandis qu'une troisième résiste à l'action de ces deux menstrues.

Dans le chyle, la *proportion du caillot au sérum* varie-t-elle selon la nature des substances alimentaires ? Il existe, on le voit tout d'abord, une grande con-

(1) *Mém.* et *Rec. cit.*
(2) KRIMER, *Versuch einer Physiol. des Blutes*, p. 121 et suiv.
(3) TIEDEMANN et GMELIN, *Recherches sur la digestion*, t. I, p. 309.
(4) GURLT, *Lehrbuch der vergleichenden Physiol.*, p. 138.
(5) SCHERER'S *Journal der Chemie*, t. V, p. 166.
(6) *Annals of Philosophy*, vol. XIII, p. 12 et 263.
(7) *Zeitschrift für Natur und Heilkunde*, t. II, p. 354.
(8) *Recherches sur la digestion*, t. I, p. 262 et passim.

nexité entre cette question et le phénomène de coagulabilité qui vient d'être examiné; chemin faisant, nous signalerons une condition particulière qui paraît avoir ici une influence notable : nous voulons parler de l'abstinence.

D'après Alex. Marcet (1), la proportion dont il s'agit, chez les chiens nourris de substances végétales, était depuis 480 : 9520 jusqu'à 780 : 9220; elle était, depuis 740 : 9260 jusqu'à 950 : 9050 chez les mêmes animaux alimentés avec de la chair. Suivant W. Prout (2), dans ce dernier cas, la proportion du caillot au sérum était : : 1080 : 8920, tandis qu'elle n'était plus que : : 640 : 9360 chez les chiens nourris de végétaux.

Les conclusions des expériences de Krimer (3) sont contraires à celles de W. Prout et de Marcet. De leur côté, Leuret et Lassaigne (4) assurent que « tel animal (chien), nourri avec de la gomme arabique pure ou du sucre blanc, fournissait autant et même plus de fibrine, dans son chyle, que tel autre soumis à un régime azoté..... Jamais, ajoutent-ils, nous n'avons pu remarquer aucune règle précise dans ces variations. » Tiedemann et Gmelin (5), qui ont fait des recherches si étendues sur les changements que le chyle subit suivant l'alimentation, n'admettent point « qu'on puisse attribuer la différence dans la quantité du caillot à la nature des aliments; de manière qu'il faut admettre, disent ces auteurs, qu'elle dépend en grande partie de l'individualité des animaux et de la composition de la masse de leur sang avant l'expérience. » Ils affirment d'ailleurs avoir constaté que le contenu du canal thoracique des animaux *à jeun* se coagule d'une manière plus complète et donne un caillot frais ou sec plus abondant que n'en produit le chyle des animaux le mieux nourris : le caillot de celui des chevaux à jeun, par exemple, est de 1,00 à 1,75 pour 100, et celui des chevaux nourris d'avoine de 0,19 à 0,78 seulement. La conclusion que Tiedemann et Gmelin tirent de là, c'est que la plus grande partie de la fibrine du chyle formant le caillot ne provient pas des aliments : ils pensent qu'elle tire son origine du fluide sanguin lui-même, et qu'elle s'ajoute seulement au chyle lors de son passage à travers les ganglions mésentériques. Nous aurons à revenir sur cette opinion.

Voici quelques-uns des résultats obtenus par Tiedemann et Gmelin (6), en ce qui concerne la proportion du caillot et du sérum du chyle : « Le chyle du cheval fut celui qui se coagula avec le plus de force : 100 parties de ce liquide donnèrent depuis 1,06 jusqu'à 5,65 de caillot frais, et depuis 0,19 jusqu'à 1,75 de caillot sec. — Le chyle des chiens se coagulait plus faiblement : la quantité du caillot frais s'y élevait depuis 1,36 jusqu'à 5,75 sur 100, et celle du caillot sec depuis 0,17 jusqu'à 0,56. — Le chyle des brebis était le moins coagulable de tous; il donnait seulement, sur 100 parties, depuis 2,56 jusqu'à 4,75 de caillot frais, et depuis 0,24 jusqu'à 0,82 de caillot sec. »

Il importe d'ailleurs de faire observer que le degré de coagulabilité du chyle ne dépend peut-être pas seulement de la quantité de fibrine contenue dans ce liquide, mais encore de différences dans l'origine et dans la nature de cette fibrine elle-même.

(1) *Some Experim. on the Chem. Nat. of Chyle*, etc., in *Medic. Chir. Trans.*, 1815, vol. VI, p. 618.

(2) *Annals of Philosophy*, vol. XIII.

(3) *Versuch einer Physiol. des Blutes*, p. 121.

(4) *Rech. physiol. et chim. pour servir à l'histoire de la digestion*, p. 160. — Voir aussi le tableau synoptique à la fin de l'ouvrage.

(5) *Ouv. cit.*, t. II, p. 90, trad. de Jourdan.

(6) *Ouv. cit.*, t. II, p. 89.

De même que l'espèce et l'âge des animaux apportent incontestablement des changements dans la coagulabilité de la fibrine, de même aussi il se pourrait que la facilité avec laquelle la coagulation du chyle s'opère fût différente selon que le sérum contient plus ou moins d'alcali, d'albumine, etc. Cependant, comme le disent Tiedemann et Gmelin, un coup d'œil jeté sur les tableaux annexés à leur ouvrage tend à établir que la quantité de la fibrine est au moins la circonstance qui exerce le plus d'influence sur la coagulabilité du chyle.

f. — C'est une opinion assez généralement répandue depuis Elsner (1), mais surtout depuis Reuss et Emmert (2), que le chyle, exposé à l'air, prend une *coloration* rose ou rouge. Ces deux derniers observateurs, en comparant ensemble le chyle des vaisseaux lactés, celui de la citerne lombaire, et enfin celui de la partie moyenne et de la partie supérieure du canal thoracique, chez le cheval, affirment avoir constaté que, par l'action de l'air, le premier chyle ne change guère sa couleur blanche, que le second rougit sensiblement, et que le dernier acquiert une teinte presque semblable à celle du sang artériel, tout en fournissant un caillot plus considérable et plus ferme que les deux premiers. D'après les expériences de Tiedemann et de Gmelin (3), qui viennent à l'appui des assertions précédentes, il ne faudrait pas croire que le chyle du canal thoracique ne pût rougir qu'à la condition d'avoir le contact de l'air : pour fermer tout passage à ce dernier gaz, chez un cheval nourri copieusement d'avoine et de foin on appliqua sur le canal thoracique, plein de chyle, deux ligatures éloignées de trois pouces, on excisa ensuite la portion comprise entre les ligatures, on la lava bien avec de l'eau pour enlever le sang qui y adhérait, et on la partagea encore, par le moyen d'une autre ligature, en deux portions, dont chacune contenait environ deux grammes de chyle. L'une de ces portions fut ouverte sous le mercure dans la cuve hydrargyro-pneumatique, de manière que le chyle, en s'élevant, se trouvât en contact avec le gaz contenu dans une éprouvette. On vit alors bien distinctement, disent ces auteurs, qu'à la sortie même du canal thoracique, et avant d'être arrivé jusqu'au gaz, le chyle était déjà *à peu près* aussi rouge qu'il le fut ensuite, et que, dans d'autres expériences successives, le contact des différents gaz (air, oxygène, acide carbonique ou azote) ne fit que modifier diversement cette couleur rouge. Le chyle prit, dans l'oxygène, une vive couleur de carmin, approchant du rouge écarlate, et parut en même temps devenir plus translucide ; tandis que, dans l'azote, il prit une teinte de cramoisi sale et devint plus trouble. Cette même teinte fut communiquée au chyle par le gaz acide carbonique.

L'influence de la nourriture sur la tendance du chyle à se colorer à l'air a été étudiée par plusieurs physiologistes. Selon Marcet (4), le chyle des chiens nourris de viande deviendrait plus rouge à l'air que celui des chiens ayant mangé des substances végétales. Mais Leuret et Lassaigne (5) ont aussi constaté, chez ces animaux, la coloration rosée ou même rouge du chyle après une nourriture composée de sucre, de gomme, de pommes de terre ou de fibrine. Tiedemann et Gmelin (6), qui disent que cette coloration est plus prononcée chez les chevaux

(1) *Miscell. Act. nat. curios.* déc., I, 1670, p. 159.
(2) SCHERER'S, *Journal der Chemie*, t. V, p. 154, 691.
(3) *Ouv. cit.*, p. 262, 276 et suiv., trad. franç. de Jourdan.
(4) *Loc. cit.*
(5) *Ouv. cit.* Voyez le tableau synoptique à la fin de l'ouvrage.
(6) *Loc. cit.*

que chez les chiens, et chez ceux-ci que chez les brebis, concluent de leurs expériences si multipliées que le chyle renferme d'autant moins de matière colorante que l'animal a été mieux nourri : c'est ainsi, par exemple, que le contenu du canal thoracique des chevaux qui n'avaient mangé que de l'amidon était d'un rouge beaucoup plus foncé que chez ceux qui avaient été nourris d'avoine.

Aussi ces deux expérimentateurs pensent-ils que la matière colorante rouge du chyle (comme sa fibrine) provient du sang lui-même : elle serait sécrétée du sang artériel par les ganglions mésentériques, comme le supposaient déjà Reuss et Emmert (1), et aussi par la rate, dont la lymphe *rougeâtre* viendrait se jeter dans le canal thoracique, vers le point où le chyle commence à se colorer.

Il nous paraît difficile d'admettre, comme constante, cette dernière origine pour la matière colorante du chyle, puisque, à l'exemple d'autres observateurs, nous avons trouvé ordinairement la lymphe splénique incolore et légèrement trouble. Seiler (2) l'a trouvée telle chez la plupart des chevaux, ainsi que chez les bêtes à cornes, les cochons, les chiens et les chats, et Rudolphi considère sa coloration en rouge comme accidentelle. Quant à l'intervention des ganglions mésentériques, Burdach (3) l'admet et l'explique en ces termes : « Si le chyle rougit, même durant la vie, dans les vaisseaux, le phénomène doit tenir à ce que le sang artériel, qui n'est séparé du chyle que par les parois mêmes des vaisseaux capillaires et des lymphatiques, lui abandonne de l'oxygène qu'il attire, et qui le rapproche des caractères du sang... Comme des vaisseaux sanguins se répandent dans les parois des vaisseaux lymphatiques et de leur tronc, le sang peut produire ici également des effets semblables à ceux qui se passent dans les ganglions. »

Il se pourrait qu'il existât dans le chyle une matière particulière et distincte de l'hématosine, matière qui aurait, en effet, la propriété de rougir par le contact de l'air ou de l'oxygène.

Le doute, qu'il est permis d'avoir encore sur la vraie cause de la coloration du chyle à l'air, n'existe pas pour quelques physiologistes qui, se rappelant que c'est surtout près de la terminaison du canal thoracique qu'on a constaté la teinte rosée du chyle, attribuent simplement cette teinte à du sang reflué des veines sous-clavières. Aussi, selon eux, la lymphe et le chyle, recueillis de manière que tout reflux du sang soit impossible, ne rougissent-ils ni au contact de l'air, ni dans une atmosphère d'oxygène.

Je n'ai nulle tendance à partager une semblable opinion, attendu que plusieurs fois, sur des chiens, il m'a été donné de voir du chyle, d'un très beau blanc de lait au moment de son extraction du canal thoracique, se colorer sensiblement en rose au contact de l'air : cette coloration ne devenait d'ailleurs bien prononcée dans le caillot que quand le retrait de celui-ci en avait exprimé le sérum. Un pareil effet pourrait-il dépendre de ce que la couleur répandue dans le liquide entier aurait été d'abord trop faible pour qu'on la remarquât, tandis qu'elle serait devenue de plus en plus apparente à mesure que le caillot aurait diminué de volume ? Dans ce cas, l'air n'aurait point de part à la coloration du caillot primitivement incolore, et le phénomène devrait avoir lieu également dans des atmosphères exemptes d'oxygène : or, d'après les expériences les mieux instituées, c'est ce qui n'a pas lieu. La couleur rosée ou rouge, prise par le chyle quand il entre en con-

(1) *Loc. cit.*
(2) *Zeitschrift für Natur und Heilkunde*, t. II, p. 394.
(3) *Traité de physiologie*, t. IX, p. 448, trad. de Jourdan.

tact avec l'air ou l'oxygène, paraît ne résulter que d'une modification de la matière colorante contenue dans ce liquide, matière sur l'origine et la nature de laquelle on n'est point encore fixé.

g. — Il nous importe maintenant de rechercher la *composition chimique* du chyle de laquelle se sont occupés tant de savants chimistes. Malheureusement, il en est qui n'ont pas toujours assez tenu compte de la nature de l'alimentation, ni de la période de la digestion à laquelle ils sacrifiaient les animaux ; de là des différences regrettables dont on n'a pas pris soin de déterminer les causes. Ajoutons que, presque constamment, les analyses ont porté sur le liquide extrait du canal thoracique, c'est-à-dire à la fois sur le chyle et sur la lymphe : les résultats obtenus sont donc, pour la plupart, nécessairement complexes.

Avant d'exposer les résultats de quelques-unes de ces analyses ou d'autres entreprises dans de meilleures conditions, nous jetterons un coup d'œil général sur l'*origine* et la *constitution* du chyle, considérées surtout dans leurs rapports avec les aliments.

L'analyse chimique démontre que, durant la période digestive, le contenu des lymphatiques de l'intestin n'est pas toujours le même, mais qu'il éprouve des variations sensibles : en effet, sa richesse en matière grasse, sa proportion de sucre, d'eau et de sels, son degré de coagulabilité, sa richesse en fibrine, en albumine et en matières extractives, sont bien loin d'être constants. Empressons-nous d'ajouter que l'alimentation seule ne détermine pas nécessairement les proportions des diverses matières du chyle, car les organes n'agissent pas toujours et absolument de la même manière sur les mêmes aliments.

C'est un fait généralement admis aujourd'hui que, chez les mammifères, les *matières grasses neutres* (huile, beurre, graisses) contenues dans les aliments, s'introduisent dans le sang par la voie détournée des chylifères. Bouchardat et Sandras (1), par exemple, ont fait voir que, chez les chiens, dans la nourriture desquels on fait entrer des proportions croissantes de matières grasses, il est toujours facile d'extraire du chyle des quantités corrélatives de ces matières avec tous leurs caractères propres ; de manière, disent ces expérimentateurs, « qu'on extrait de l'huile quand l'animal a mangé une soupe à l'huile, du suif quand il a pris du suif, etc. » Il n'y a donc pas d'hésitation possible touchant cette conclusion, à savoir que, chez les mammifères, les matières grasses neutres, renfermées dans les aliments, peuvent faire partie de la constitution du chyle (*).

Parce que Leuret et Lassaigne sont parvenus à trouver quelque peu de graisse dans le chyle thoracique de chiens qui n'avaient mangé que de la gomme ou du sucre, parce que Tiedemann et Gmelin ont fait la même remarque, après une alimentation avec de l'albumine, de la fibrine, de la gélatine ou de l'amidon, cela ne veut point dire que la graisse du chyle ne tire pas habituellement son origine surtout des aliments. Il est bon de se souvenir que la lymphe renferme elle-même une certaine proportion de graisse qui, dans les cas dont il s'agit, a dû nécessairement se

(1) *Annuaire de thérapeutique*, pour l'année 1845, p. 238-259.

(*) D'après R. WAGNER (*Zur vergleichenden Physiologie des Blutes*, t. II, p. 26) il n'existerait pas de graisse dans le chyle des oiseaux, alors même qu'ils ont pris une nourriture aussi grasse que possible, comme du lait ou du beurre : de là, la supposition de divers auteurs que, chez les oiseaux (ainsi que chez les reptiles et les poissons), les matières grasses passent dans les veines mésaraïques, où l'aspect émulsif de ces matières serait masqué par le mélange avec le sang.

retrouver dans le canal thoracique, et dont on s'explique d'ailleurs la présence, en réfléchissant à l'origine de ce liquide : la lymphe est en effet une sorte de chyle formé aux dépens de la substance de l'animal lui-même, et provenant, par conséquent, de matières azotées et *graisseuses*. On peut se rappeler aussi la propriété remarquable que certains principes, à composition ternaire (comme l'amidon et le sucre) ont de se transformer en *graisse* au sein de l'organisme, en perdant une partie de leur oxygène, chez des sujets d'ailleurs bien nourris (*). Mais il n'est nullement démontré qu'en pareil cas une partie de cette graisse puisse se former déjà dans l'intestin lui-même ou bien durant l'absorption qu'opéreraient les vaisseaux lactés proprement dits.

Nous avons vu, plus haut, que la blancheur et l'aspect émulsif du chyle sont d'autant plus prononcés qu'il y a dans ce liquide une plus grande proportion de matière grasse. La couleur blanche du chyle est plus prononcée dans les vaisseaux placés entre les intestins et les ganglions mésentériques, que dans les vaisseaux qui de ces ganglions se rendent au canal thoracique, et surtout que dans le canal thoracique lui-même où s'effectue un mélange plus complet de la lymphe et du chyle. De là l'assertion, qui n'est pas suffisamment justifiée, que le chyle, en traversant les glandes du mésentère, perd de ses principes gras (Tiedemann et Gmelin, Schultz, etc.) (1).

L'éther, en enlevant au chyle la matière grasse, tend à éclaircir beaucoup ce liquide, sans lui donner jamais une complète transparence; puis, une fois évaporé, l'éther laisse déposer, sous forme d'huile ou de grumeaux d'apparence sébacée, une quantité de matière grasse proportionnée à l'opacité du sérum avant l'expérience.

Ce ne sont pas seulement les aliments gras qui entrent, pour leur part, dans la composition du chyle; on a aussi constaté, dans ce liquide, la présence de la *glycose* et parfois de l'acide lactique, deux produits qui résultent de la transformation plus ou moins avancée des *aliments féculents et sucrés*. C'est un fait que nous avons pu facilement vérifier nous-même sur le chyle provenant de grands herbivores, et avant son mélange avec la lymphe; seulement nous devons reconnaître que, dans ces cas, les proportions de glycose ont toujours été relativement assez minimes.

Si la métamorphose des principes albuminoïdes ou azotés en graisse laisse encore des doutes dans l'esprit de beaucoup d'auteurs, il n'en serait pas de même, au dire de quelques-uns, de la transformation de ces mêmes principes en *sucre*, au sein de l'organisme; de sorte que, dans le chyle d'animaux nourris de chair, on trouverait également du sucre. Telle est l'opinion de Colin (2), qui affirme, d'après ses propres recherches, que le sucre n'existe pas, il est vrai, dans l'intestin même de ces animaux, mais qu'il est « un produit de l'absorption effectuée par les vaisseaux lactés dans lesquels on le trouve *dès que le chyle est constitué.* » Puis, pour montrer que le *sucre du chyle* ne dérive ni de la lymphe du foie, ni de celle des autres parties de l'organisme, le même expérimentateur a recueilli du chyle réputé *pur*, dans le *canal mésentérique* de ruminants préalable-

(*) Quant à la question de savoir si les substances albuminoïdes peuvent également, sous l'influence des actions chimiques de la vie, se transformer en graisse, lorsque les aliments hydrocarbonés font complétement défaut dans l'alimentation, nous verrons plus tard qu'elle ne semble pas encore entièrement résolue pour tous les expérimentateurs.

(1) *Ouv. cit.*

(2) *Mémoire sur la formation du chyle*, lu à l'Académie de médecine de Paris, dans la séance du 7 juillet 1857.

ment transformés en carnivores, et, dans ce chyle, il a trouvé du sucre. Nous aurons à revenir sur les quantités respectives de ce principe dans le chyle et dans la lymphe.

La *fibrine* et l'*albumine* se rencontrent dans le chyle en proportions variables. Alex. Marcet (1) et W. Prout (2) ont avancé que la quantité de fibrine est généralement plus considérable dans le chyle des animaux carnivores que dans celui des herbivores, et que, chez les chiens nourris exclusivement avec de l'albumine et de la fibrine, le liquide du canal thoracique est encore plus coagulable, spontanément et par la chaleur, que dans les cas d'alimentation ordinaire : cela tend tout d'abord à confirmer l'idée que l'albumine et la fibrine du chyle ont une origine simple et naturelle dans les aliments habituels des animaux, et que, par conséquent, une partie des *aliments albuminoïdes*, métamorphosés et liquéfiés par la digestion, s'introduit aussi dans les voies chylifères, en subissant ultérieurement de nouvelles modifications. Mais, d'un autre côté, nous avons vu Tiedemann et Gmelin faire provenir du sang la *fibrine* du chyle, et assurer même que l'addition de ce principe s'opère dans les ganglions mésentériques ; nous avons vu aussi Leuret et Lassaigne trouver autant et même plus de fibrine dans le chyle de chiens nourris de sucre ou de gomme que chez d'autres nourris de viande ; enfin nous avons déjà rappelé que la lymphe des animaux soumis à un jeûne assez prolongé devient plus coagulable et plus riche en fibrine que dans le cas d'alimentation ordinaire. Si tous ces exemples amènent à croire qu'en effet la fibrine du chyle dérive en partie du sang, ils ne démontrent point que ce principe immédiat ne puisse provenir aussi, pour une certaine part, des aliments eux-mêmes. Car ce serait une erreur de penser, avec divers physiologistes, qu'avant les ganglions mésentériques le chyle n'est pas spontanément coagulable et qu'il ne renferme pas de fibrine : dans l'analyse faite par Lassaigne du chyle recueilli dans le canal mésentérique d'un taureau, la quantité de fibrine était double de ce qu'elle est habituellement dans le liquide mixte du canal thoracique (3).

On peut également regarder comme trop exclusive et non démontrée l'opinion de Tiedemann et Gmelin, qui regardent l'*albumine* du chyle comme fournie par le sang. Elle se trouve en quantité assez notable dans le premier de ces liquides, comme il est facile de s'en assurer tout d'abord au moyen de la chaleur, de l'alcool et des acides qui la coagulent. Elle est tenue en dissolution dans le sérum à la faveur de la soude en excès qui fait partie des combinaisons salines. C'est une assertion toute gratuite que d'avoir prétendu que l'albumine diminue graduellement à partir des ganglions mésentériques, et à mesure que la proportion du caillot augmente ; ce qui a fait émettre par Vauquelin l'idée hypothétique que la fibrine du chyle résultait d'une transformation graduelle de l'albumine. Du reste, le sérum du chyle renferme moins d'albumine que celui du sang.

On a dit que la *caséine* est aussi un des principes du sérum du chyle ; cette assertion manque de preuves suffisantes. (Lehmann).

C'est dans le sérum du chyle que se rencontrent les différents *sels* ou éléments minéraux dont nous allons faire connaître, dans les tableaux d'analyse, la nature et le nombre. Ces sels sont d'ailleurs à peu près les mêmes que ceux du sang.

(1) *Loc. cit.*
(2) *Loc. cit.*
(3) Colin, Mémoire cité *sur la formation du chyle*.

Ad. Wurtz (1) a signalé la présence de l'*urée* dans le chyle d'un taureau nourri à la viande; il l'a constatée, depuis, dans le chyle du chien.

Le résidu du chyle contient plus de *matières extractives* que celui du sang, d'après Lehmann (2).

Il nous faut enfin compléter l'exposé qui précède par le relevé de quelques analyses indiquant les *proportions* des matériaux qui, ordinairement, se trouvent dans le chyle.

F. Simon, ayant analysé le chyle de trois chevaux nourris, le premier avec des pois et les deux autres avec de l'avoine, a obtenu :

	I.	II.	III.
Eau	940,670	928,000	916,000
Graisse	1,186	10,010	0,900
Albumine	42,717	46,430	60,530
Fibrine	0,440	0,805	0,900
Hématine	0,474	traces	5,691
Matières extractives et ptyaline.	8,300	5,320	5,265
Chlorure et lactate sodiques, avec traces de sels calcaires	»	7,300	6,700
Sulfate et phosphate calcique, avec traces d'*oxyde de fer*	»	1,100	0,850

Ces analyses viennent à l'appui de ce que nous avancions plus haut, à savoir que l'alimentation seule ne détermine pas nécessairement les proportions des divers matériaux du chyle, mais qu'il faut aussi faire la part des organes qui n'agissent pas toujours et absolument de la même manière sur les mêmes aliments : ici, par exemple, nous voyons, sur deux chevaux nourris comparativement avec une égale quantité d'avoine, le chyle de l'un donner seulement 0,900 de matière grasse, et le chyle de l'autre en fournir jusqu'à 10,010; nous trouvons 46,430 d'albumine chez le premier cheval, et 60,530 du même principe chez le second.

Précédemment (p. 410), nous avons donné les résultats de l'analyse comparative, faite par Rees (3), du chyle et de la lymphe d'un âne qui avait été tué sept heures après un repas composé de fèves et d'avoine. Comme résultat saillant et d'ailleurs conforme aux prévisions, on a pu voir que le chyle et la lymphe diffèrent surtout par les proportions de leurs éléments solides, qui sont à l'avantage du premier de ces fluides.

Toutefois, selon Poiseuille et Lefort (4), la lymphe contiendrait toujours plus de *sucre* (glycose) que le chyle, et ces deux liquides en renfermeraient plus que le sang artériel. (Voir le tableau de la note indiquée.)

Un des éléments minéraux dont la présence dans le chyle est assez généralement admise, le *fer*, s'y trouve au minimum d'oxydation et combiné avec l'acide phosphorique, suivant Vauquelin (5). On se rappelle que la présence de ce métal a été également signalée dans la lymphe.

D'après Leuret et Lassaigne (6), il y aurait identité presque complète dans la

(1) *Bulletin de l'Académie de médecine de Paris*, 1857. — Rapport de P. Bérard.
(2) *Précis de chimie physiol. anim.*, trad. française, p. 154. Paris.
(3) *London and. Edinb. Philos. Magaz.*, 1841, p. 547.
(4) Note supplémentaire au *Mémoire sur l'existence de la glycose dans l'organisme animal*, communiquée à l'Académie des sciences de Paris, séance du 5 avril 1858.
(5) *Annales du Muséum*, t. XVIII, p. 248.
(6) *Ouv. cit.*, p. 165.

composition de la lymphe et du chyle (*). La seule différence, s'il fallait en croire divers auteurs, résulterait de la quantité proportionnelle de matières grasses, ordinairement plus considérable dans le second de ces liquides que dans le premier. Au dire de C. H. Schultz (1), une autre différence résulterait aussi de la quantité moins grande de la fibrine dans le chyle : cet expérimentateur aurait trouvé 0,48 pour 100 de fibrine dans le chyle laiteux d'un cheval qui venait de manger, et 1,50 dans le chyle presque limpide après l'achèvement de la digestion. Mais nous savons déjà que ces derniers résultats sont contredits par ceux qu'ont obtenus d'autres expérimentateurs, notamment Rees (*loc. cit.*) et Lassaigne.

En effet, nous l'avons dit, Lassaigne (2), qui a analysé tout récemment le *chyle* recueilli dans le canal mésentérique d'un taureau, lui a d'abord trouvé une densité supérieure à celle de la lymphe et du liquide mixte pris dans le canal thoracique, puis il a constaté que ce chyle contenait 0,0019 de fibrine sèche, proportion double de la fibrine renfermée dans le liquide du canal thoracique du même ruminant. Le sérum était composé de 95,21 d'eau et de 4,79 de matières fixes, albumine et sels.

Chez un cheval qui avait mangé de l'avoine peu de temps auparavant, Gmelin a trouvé que, sur 100 parties, le résidu sec du sérum du chyle renfermait :

Graisse brune, extraite en premier lieu par l'alcool	15,47
Graisse jaune, extraite en second	6,35
Osmazôme, acétate de soude et chlorure de sodium	16,02
Matière extractive, soluble dans l'eau, insoluble dans l'alcool, carbonate et un peu de phosphate de soude	2,76
Albumine	55,25
Carbonate et un peu de phosphate de chaux	2,76
	98,61

Nous avons déjà vu que, d'après le même chimiste et son collaborateur Tiedemann, la proportion des matériaux constitutifs du chyle n'est pas la même dans les divers points du trajet de ce liquide : celui-ci, à mesure qu'il s'avance vers les vaisseaux sanguins, devient plus pauvre en graisse, et, au contraire, plus riche, en fibrine et en cruor; la quantité de fibrine et de cruor va aussi en augmentant dans la lymphe, quoique celle-ci ne soit pas non plus dénuée de fibrine dans l'origine. Pour Gmelin et Tiedemann, je le répète, il est donc plusieurs des principes du chyle dont la quantité va croissant à mesure que ce fluide s'éloigne de l'intestin, et il en est d'autres dont la quantité diminue : la première catégorie comprend la fibrine, le cruor ou matière colorante, l'albumine, l'osmazôme, la matière animale extractive insoluble dans l'alcool; la seconde catégorie renferme la matière grasse, et la substance animale extractive qui est soluble à la fois dans l'alcool et dans l'eau.

C'est dans les ganglions lymphatiques du mésentère que de pareils changements sont supposés s'accomplir; car c'est précisément en deçà et au delà de ces organes que se rencontrent les différences qui viennent d'être signalées. A cette occasion, la remarque a été faite qu'aucun vaisseau lacté, chez les mammifères, n'aboutit au canal thoracique sans avoir traversé des ganglions, qui se montrent d'autant plus

(*) Voir plus haut (p. 410) la composition que Leuret et Lassaigne assignent à la lymphe.

(1) *Das System der Circulation*, p. 70.
(2) Colin, *Traité de physiologie comparée des animaux domestiques*, t. II, p. 7. Paris, 1856.

nombreux qu'on se rapproche davantage des troncs de terminaison. De plus, les ganglions lymphatiques ont paru offrir une structure favorable au séjour du chyle dans leur intérieur; et, attendu qu'ils reçoivent un grand nombre de vaisseaux artériels et veineux, on a regardé comme présumable qu'à travers les parois vasculaires s'accomplit un échange de matériaux entre le sang et le chyle.

Quoi qu'il en soit, au milieu de tous les *desiderata* que l'analyse chimique n'a pu encore faire disparaître touchant la relation qui existe entre la nature du chyle et celle des substances alimentaires dont celui-ci dérive, il est un fait capital que les progrès de la chimie organique ont mis en lumière : les aliments végétaux sont réductibles, ainsi que les aliments d'origine animale, en principes immédiats azotés et en principes immédiats non azotés, de sorte qu'entre ces deux classes d'aliments, il n'y a, au point de vue de la composition, que des différences de proportions, qui même semblent disparaître par suite du travail nutritif. L'herbe des pâturages, les racines, les semences, la farine, etc., ramenées à ce qu'elles ont d'essentiel comme aliments, présentent un ensemble de principes qui constituent des matières identiques avec celles dont se nourrit le carnivore; en d'autres termes, l'animal qui vit de substances végétales n'est herbivore que de nom, puisque en réalité il mange les mêmes matières que le carnassier, qu'il consomme et s'assimile les mêmes principes que lui. Aussi, comme le démontrent les résultats d'une analyse élémentaire et comparée du chyle de chien et du chyle de cheval faite par Macaire et Marcet fils (1), il existe une très grande analogie de composition entre le chyle des animaux carnassiers et celui des herbivores. Voici ces résultats :

	Chyle de chien.	Chyle de cheval.
Carbone.	55,52	55,00
Oxygène	25,90	26,80
Hydrogène	6,60	6,70
Azote.	11,00	11,00

Plus tard, en nous occupant des phénomènes intimes de la *Nutrition*, nous aurons à revenir sur cette donnée intéressante.

En résumé, le précédent examen nous a appris que le chyle se compose de quatre ordres de substances, qu'on retrouve aussi, avec des proportions déterminées, dans la constitution de l'aliment *complet* (le lait, par exemple); à savoir : 1° de substances albuminoïdes qui rendent le chyle coagulable spontanément ou par la chaleur, etc.; 2° d'un principe sucré qui le rend fermentescible (*); 3° de matières grasses qui, en s'émulsionnant, lui donnent sa couleur blanche; 4° de certains éléments minéraux ou salins qui lui communiquent des propriétés chimiques et organoleptiques particulières. Si la lymphe, sorte de chyle formé aux dépens de la substance même de l'animal, peut aussi renfermer ces diverses matières, mais en quantités absolues et relatives, différentes, toujours est-il que, avant son mélange avec la lymphe, le chyle contient déjà ces mêmes matériaux (**); d'où il faut conclure qu'il les tire d'abord des aliments

(1) *Annales de chimie et de physique*, t. LI, p. 374.

(*) Ou d'un dérivé de ce principe, comme est l'*acide lactique*.

(**) Voir plus haut ce qui a été dit du chyle recueilli dans le *canal mésentérique* des ruminants

eux-mêmes. Bien entendu que, plus loin, quand il s'agit du *chyle entier* (lymphe et chyle mélangés dans le canal thoracique), on ne saurait se refuser à reconnaître qu'une partie de ses éléments constitutifs provient aussi du sang.

Quant au lieu dans lequel se forme le chyle, n'admettant pas la préexistence de ce liquide dans l'intestin, nous croyons que la matière alimentaire ne devient *chyle* que par le fait même de l'absorption, comme d'ailleurs la *lymphe*, qui ne s'exhale pas toute formée des vaisseaux sanguins ou des différents tissus, s'élabore et se constitue dans les réseaux originels du système lymphatique général. En un mot, le chyle est contenu dans le chyme, comme les éléments d'une sécrétion sont contenus dans le sang : seulement, la corrélation entre le facteur et le produit est plus appréciable dans le premier cas que dans le second (*).

III. La lymphe et le chyle, avant leur introduction dans le sang veineux au niveau des veines sous-clavières, ont à parcourir un trajet plus ou moins long, suivant leurs points de départ dans l'économie; la direction générale de leur transport est des parties périphériques vers les parties centrales, c'est-à-dire centripète.

Les deux troncs de terminaison des vaisseaux lymphatiques, ainsi que leurs affluents, nous sont déjà connus, et nous avons exposé les faits qui empêchent d'admettre les autres communications multiples dont on a parfois supposé l'existence entre les lymphatiques et les veines. A l'exception des lymphatiques de la moitié droite de la tête, du cou et de la poitrine, et de ceux du bras correspondant qui déversent leur contenu dans la *grande veine lymphatique droite*, laquelle s'abouche dans la veine sous-clavière du même côté, les autres vaisseaux lymphatiques du corps, y compris ceux du tube digestif, ont un conduit commun, le *canal thoracique*, qui s'ouvre dans la veine sous-clavière gauche. Le trajet du chyle, à travers l'épaisseur du mésentère et les renflements gangliformes qui s'y trouvent, mesure donc seulement l'intervalle compris entre cette dernière veine et la surface intestinale, tandis que, en beaucoup de points de l'organisme, le parcours de la lymphe est bien autrement considérable.

(*) Depuis l'impression des pages précédentes, dans lesquelles se trouve relatée *la composition chimique de la lymphe et du chyle*, AD. WURTZ a bien voulu me communiquer, dans une lettre datée du 2 mai 1858, les nouveaux résultats de ses recherches sur le même sujet.

« L'an passé, ayant eu à ma disposition, m'écrit cet habile chimiste, environ 600 grammes de *chyle* provenant d'un taureau nourri à la viande, j'y ai trouvé une quantité notable d'*urée* (environ 2 pour 1000). J'ai pensé que cette urée devait provenir de la lymphe qui se mêle au chyle dans le canal thoracique : en effet j'ai trouvé, depuis, de l'urée dans la lymphe du chien, du cheval et du bœuf.

» La *lymphe* contient une proportion d'urée beaucoup plus forte que celle qui est normalement contenue dans le sang. On peut admettre que l'urée qu'elle renferme provient des métamorphoses qui se passent dans l'intimité des tissus : c'est le dernier terme des oxydations successives qu'y éprouvent les matériaux azotés devenus impropres à la vie. Ces oxydations ne se passent pas dans le système capillaire sanguin, comme on l'a dit quelquefois ; mais sur place en quelque sorte, dans la trame des organes, partout où leurs matériaux constituants ont besoin d'être détruits et renouvelés. Les radicules des lymphatiques plongeant dans ces tissus aussi bien que les radicules des veines, les unes et les autres doivent absorber les produits des métamorphoses. Si ces métamorphoses s'accomplissaient exclusivement dans le système capillaire, on ne comprendrait pas comment les produits qui en résultent se trouveraient dans la lymphe en plus grande quantité qu'ils ne sont contenus dans le sang. Parmi ces produits de métamorphose intermédiaires entre les substances complexes qui se détruisent, et les derniers produits de leur oxydation (l'eau, l'acide carbonique, l'urée), j'ai trouvé, dans la lymphe, de l'*acide formique* et de l'*acide lactique* : j'ai confirmé le fait annoncé par Colin concernant la présence d'un sucre fermentescible dans le chyle et dans la lymphe. Jusqu'ici je n'y ai pas rencontré d'acide hippurique. »

Quelles peuvent être les causes ou les forces qui sollicitent ces deux liquides à une progression continuelle dans leurs vaisseaux propres?

A moins qu'il ne s'agisse des Reptiles, chez qui J. Müller (1) et Panizza (2) ont découvert, chacun de son côté, des renflements contractiles, sortes de cœurs indépendants de l'organe central de la circulation sanguine et jouissant de la faculté de pousser la lymphe dans le système veineux, on ne saurait, chez les autres vertébrés, trouver de l'analogie, au moins sous ce rapport, entre les causes de progression du sang et de la lymphe. Ici, en l'absence d'aucun moteur dont l'action particulière soit puissante, ou de toute impulsion venue du cœur, puisque les lymphatiques ne communiquent pas avec les artères, nous trouvons plusieurs conditions et plusieurs forces qui, en s'associant, peuvent néanmoins imprimer une direction constante au mouvement des liquides contenus dans le système lymphatique.

Et d'abord, une fois introduits dans la cavité des lymphatiques, les liquides (chyle ou lymphe) sont poussés par la contraction des tuniques de ces vaisseaux et du canal thoracique lui-même. Nul doute, en effet, que ce système ne possède un certain degré de *contractilité :* si, par exemple, on expose à l'air les chylifères de l'intestin, durant l'absorption digestive, on les voit se resserrer et même se vider complétement (3). Le canal thoracique se resserre aussi, au contact de l'air, environ de la moitié de son calibre. En appliquant une ligature sur les vaisseaux lactés du mésentère ou sur le canal thoracique, de façon à y permettre l'accumulation du chyle, et en piquant la partie distendue, le liquide en jaillit à une certaine distance ; ce qu'on n'observe pas quand l'expérience est faite après la mort de l'animal (4). Mais la contractilité des vaisseaux lymphatiques manifeste, lorsque l'air agit sur eux comme excitant, n'est guère appréciable si l'on cherche à l'éveiller à l'aide de stimulants d'une autre nature. Pourtant Meckel prétend l'avoir observée à la suite de l'application de l'eau chaude, et Schreger (5) sous l'influence d'irritants mécaniques; tandis que G. Valentin (6) nie toute réaction résultant de la piqûre ou de l'emploi de l'eau froide. « Une pile galvanique, dit J. Müller (7), que je fis agir sur le canal thoracique d'une chèvre, demeura d'abord sans effet, et détermina au bout de quelque temps un resserrement presque insignifiant. »

Un autre argument en faveur de l'irritabilité des lymphatiques se tire de leur structure : après Scheldon (8) et Schreger (9), G. Valentin (10) a été conduit, par ses propres recherches, à admettre l'existence de fibres musculaires dans la tuni-

(1) POGGENDORFF'S ANNALEN, 1832. — Et dans *Handbuch der Physiol. des Menschen*. Coblenz, 1833, Bd. I, p. 259.

(2) *Sopra il sistema linfatico dei Rettili*, etc. Pavie, 1833.

(3) HALLER, *Elementa physiologiæ*, t. VII, p. 227. — ALEX. LAUTH, *Essai sur les vaisseaux lymphatiques*, p. 62. Thèse inaug. Strasbourg, 1824. — FOHMANN, *Anatomische Untersuchungen über die Saugadern*, p. 33. — BRESCHET, *Le système lymphatique*, p. 73.

(4) WESTRUMB, *Physiologische Untersuchungen*, p. 17. — TIEDEMANN et GMELIN, *Recherches sur la route que prennent diverses substances pour passer de l'estomac et du canal intestinal dans le sang*; Mém. trad. par Heller. Paris, 1821.

(5) *De irritabilitate vasorum lymphaticorum*, p. 40. Leipzig, 1789.

(6) *Repertorium für Anat. und Physiol.*, [illegible] 244 ; 1837.

(7) *Manuel de physiologie*, trad. de JOURDAN, 2e édit. revue par LITTRÉ, t. I, p. 218. Paris, 1851.

(8) *The History of the Absorbent System*, p. 26. London, 1784.

(9) *Ouv. cit.*

(10) *Repertorium*, etc., t. II, p. 242.

que moyenne des vaisseaux lymphatiques, et, plus récemment, Kölliker (1) a aussi affirmé y avoir vu des *fibres musculaires lisses* transversales. De plus, cette observateur a signalé, dans la tunique externe, la présence de fibres de même nature, mais à direction oblique ou longitudinale.

Il est manifeste que dans la contractilité des vaisseaux lymphatiques réside une des principales causes de la progression de la lymphe et du chyle.

Cependant, avec leur retrait élastique et leur force de contraction dépendante de la vie, les lymphatiques seraient encore inhabiles à imprimer aux liquides qu'ils contiennent une *direction déterminée*, s'ils n'offraient à l'intérieur une disposition organique propre à empêcher la rétrogradation de ces liquides vers les réseaux originels. Il existe, en effet, au moins dans les vaisseaux d'un certain calibre, des valvules ou replis semi-circulaires, le plus souvent disposés par paires, adhérents d'une manière lâche par tous les points de leur demi-conférence et libres par le bord qui mesure leur diamètre. En nombre variable dans les divers vaisseaux, moins multipliées dans les lymphatiques des espaces intermusculaires, et moins encore dans ceux qui suivent un trajet descendant comme cela s'observe à la tête et au cou, ces valvules fonctionnent à la manière de soupapes assez étendues pour pouvoir, en s'adossant l'une à l'autre, fermer hermétiquement la lumière du vaisseau et s'opposer à tout reflux du côté des capillaires, au moment de la contraction ; elles sont d'ailleurs assez mobiles pour pouvoir aussi, lors du passage d'une nouvelle ondée de lymphe, se redresser et s'appliquer contre la paroi vasculaire, leur bord libre étant tourné du côté du canal thoracique.

On conçoit combien une pareille disposition est de nature à favoriser le cours de la lymphe ou du chyle, et comment aussi les contractions successives des vaisseaux lymphatiques, qui, en l'absence de valvules, auraient chassé ces liquides aussi bien en avant qu'en arrière du point contracté, les dirigent au contraire, grâce à leur intervention, des réseaux d'origine vers le canal thoracique.

Parmi ces valvules, d'ailleurs fort résistantes puisqu'elles peuvent soutenir, sans se rompre, une longue colonne de mercure (*), il en est une qui, située à la jonction du canal thoracique avec la veine sous-clavière gauche, a pour usage d'empêcher le reflux du sang, lequel eut gêné l'introduction de la lymphe et du chyle dans cette veine. Chez l'homme, à un ou deux centimètres au plus de l'embouchure indiquée, et à l'intérieur même du canal thoracique, existe une autre paire de valvules qui l'oblitère complétement (2), de sorte que le sang n'y peut refluer que dans des cas tout à fait exceptionnels.

Les mouvements respiratoires ont une influence sensible sur la progression de la lymphe ou du chyle comme sur celle du sang veineux, surtout aux abords du thorax. Lors de l'inspiration, par suite du vide virtuel qui est produit dans la poitrine, ces divers liquides, aussi bien que l'air atmosphérique, s'y trouvent simultanément attirés; et, pour ne parler que des fluides du système lymphatique, ceux-ci, avec la portion abdominale du canal thoracique qui les contient, sont immédiatement comprimés par l'effet de l'abaissement du diaphragme, en même temps

(1) *Éléments d'histologie humaine*, trad. fr. de J. BÉCLARD et M. SÉE, p. 627. Paris, 1856.

(*) D'après les expériences de SOEMMERRING (*loc. cit.*), une colonne de mercure de 33 pouces fut trop faible pour les faire céder.

(2) SAPPEY, *Anat. descript.*, t. I, p. 622.

que le vide du thorax les appelle dans la portion pectorale du même canal. Du reste, l'influence des mouvements respiratoires se constate facilement, *de visu*, dans le cas de fistule du canal thoracique établie sur l'animal vivant : la sortie de la lymphe et du chyle est accélérée ou même a lieu par jet à chaque expiration, à la suite du retrait élastique des parois du canal fortement dilaté lors de l'inspiration.

Les contractions du canal intestinal paraissent contribuer au cours du chyle à son point de départ; mais c'est sans preuves suffisantes qu'on a avancé que les villosités de l'intestin pouvaient se contracter sur le vivant, de manière à devenir des agents notables d'impulsion pour ce liquide. Il ne faudrait pas non plus croire que les mouvements de l'intestin lui-même représentent une condition absolument indispensable de la marche du chyle, à l'origine de ses vaisseaux ; car ce fluide continue ordinairement à circuler, avec plus de lenteur il est vrai, quand l'intestin est au repos. Toutefois, l'influence dont il s'agit semble devoir être admise dans certaines limites, d'après les observations de Poiseuille (1) sur des intestins de souris : on disposa sur une lame de verre une partie de ces organes où l'on apercevait parfaitement bien d'abord les circulations artérielle et veineuse ; puis un vaisseau chylifère très distinct fut examiné comparativement avec une artériole et une veinule à l'aide d'un microscope donnant un grossissement de 120 diamètres. Les globules du chyle offraient un mouvement qui coïncidait avec les contractions péristaltiques des fibres musculaires de l'intestin ; tandis que, dans l'intervalle de chaque contraction, le mouvement de ces globules était extrêmement lent et souvent même interrompu. Quant à la circulation du sang dans l'artériole et dans la veinule, elle se montrait plus rapide que celle du chyle, et, en même temps, indépendante des contractions intestinales.

Une des causes concourant à la progression du liquide contenu dans les lymphatiques généraux, et qui n'est plus particulière, comme la précédente, aux vaisseaux chylifères, est due aux mouvements exécutés par les parties mêmes où existent les lymphatiques, ou au moins par des organes très voisins. Alors la contraction musculaire s'unit à la contraction propre de ces vaisseaux, pour pousser la lymphe dans la direction déterminée par leurs valvules. Chez le cheval, et surtout chez les grands ruminants, qui ont les lymphatiques du cou très développés, vient-on à ouvrir un de ces vaisseaux en y fixant un petit tube, on voit, pendant que l'animal mange ou qu'il remue simplement les mâchoires, la quantité de lymphe qui s'échappe des vaisseaux de l'encolure être augmentée d'un quart, d'un tiers et même de moitié dans un certain laps de temps (2).

L'aspiration exercée par le cœur sur le sang veineux, les battements des artères en général et notamment des artères volumineuses qui avoisinent le canal thoracique vers sa terminaison, la décroissance de la capacité intérieure du système lymphatique à mesure qu'on se rapproche de ce canal, sont aussi regardés comme autant de conditions auxiliaires des forces principales qui font mouvoir la lymphe et le chyle.

Quant aux ganglions lymphatiques, l'influence accélératrice que leur attribuait

(1) Breschet, *Le système lymphatique*, p. 211 ; thèse de concours. Paris, 1836.
(2) Colin, *Traité de physiol. comp. des animaux domestiques*, t. II, p. 89. Paris, 1856.

Malpighi (1) ne peut être que reléguée dans le domaine des hypothèses, attendu qu'il n'y a dans ces organes aucun élément contractile et que leur texture est au contraire propre à retarder le cours des liquides lymphatiques Ces ganglions paraissent assimilables aux plexus sanguins que l'on trouve chez divers animaux, et qui, décomposant l'effort impulsif exercé sur le sang, diminuent l'énergie de la circulation dans les organes auxquels ils correspondent. Du reste, nous avons déjà fait connaître, avec détails, la structure des ganglions lymphatiques ainsi que les modifications particulières qu'on croit être imprimées par eux au sang qui en sort, à la lymphe et au chyle qui les traversent. Ce sont des organes d'élaboration et non des agents d'impulsion.

Nous n'avons à revenir ni sur la *vitesse* du cours de la lymphe ou du chyle, ni sur la manière approximative de l'apprécier qui consiste, après avoir ouvert le canal thoracique d'un animal, à recevoir dans un vase le fluide qui sort, en prenant le soin de noter la quantité écoulée, dans un temps donné, par une canule d'un diamètre connu. Nous nous bornerons à rappeler ici qu'en pareil cas la liberté d'issue offerte au chyle et à la lymphe peut les faire s'écouler avec une vitesse contre nature, puisque ces liquides n'ont plus à subir de résistance de la part du courant sanguin, ni de la valvule située au confluent de la veine sous-clavière gauche et du canal thoracique (*).

Ainsi, en résumé, les vaisseaux lymphatiques ne communiquant pas avec les artères, se trouvent hors de la sphère d'action du cœur ; l'impulsion du liquide qu'ils renferment est due à la prolongation d'action de la force initiale qui a fait pénétrer celui-ci dans les lymphatiques, à la contraction de ces derniers vaissseaux et au jeu de leurs valvules; il faut ajouter la pression des organes environnants et le vide virtuel produit dans la poitrine au moment de l'inspiration.

(1) *De structura glandul. conglob.* — In op. posth., p. 139.

(*) Voir plus haut, p. 106, les quantités de lymphe et de chyle qui ont été recueillies, en vingt-quatre heures, à l'aide de ce procédé.

DE LA RESPIRATION.

L'étude de la *digestion* et de l'*absorption* nous a appris par quelles voies, dans les degrés supérieurs de l'échelle animale, l'organisme reçoit du monde extérieur et élabore certains matériaux nécessaires à l'entretien de la vie (aliments) : elle nous a également fait connaître les formes diverses sous lesquelles ces matériaux deviennent absorbables et miscibles au fluide sanguin qu'ils sont appelés à renouveler au fur et à mesure qu'il s'altère par le mouvement nutritif. Mais nous savons aussi que les produits liquides de la digestion et la lymphe elle-même, qui sont versés dans le sang veineux, n'offrent, pas plus que ce dernier, aussitôt après leur mélange, les qualités d'un fluide directement nutritif. Pour que ces qualités se développent, il faut l'intervention d'un élément essentiel que les animaux trouvent et puisent incessamment dans l'atmosphère : l'*oxygène*, agent de toutes les transformations ultérieures que doit subir la matière organique contenue dans le mélange de ces trois sortes de liquides. L'introduction dans l'économie d'une certaine proportion d'oxygène, tel est donc le premier but de la fonction qui va nous occuper, de la *respiration*.

On connaît la tendance des divers gaz à se mélanger alors même que des membranes humides les séparent. Or, envisagée dans son caractère essentiel, la respiration des animaux consiste en un simple échange de gaz qui s'opère durant l'action exercée par l'air sur le sang : en effet, l'oxygène atmosphérique, amené au contact d'une mince paroi membraneuse, la traverse et pénètre dans le sang, tandis que le gaz carbonique dissous dans ce liquide s'en dégage à travers la même membrane. Ainsi, d'une part, si la respiration enlève quelque chose au fluide sanguin, elle lui communique, d'autre part, un principe qui le rend apte à compléter les organes ou à réparer leurs pertes, tout en donnant lieu à un dégagement de chaleur indispensable au libre exercice des fonctions : c'est ce principe vivifiant qui se combine avec les matières organiques du sang pour former de l'eau et de l'acide carbonique sans cesse éliminés par l'expiration, et bientôt décomposés dans l'atmosphère, sous l'influence de la radiation solaire, pour fournir du carbone et de l'hydrogène à la végétation.

Le sang, avec sa constitution complexe, devient de la sorte le milieu de tous les phénomènes de nutrition : c'est lui que nous avons vu recrutant dans son parcours, pour se reconstituer, certaines substances élaborées par les voies digestives, et déposant, dans les divers tissus, des principes assimilables; c'est lui enco qui reçoit, pour les conduire vers les organes d'élimination, les matériaux usés pa le mouvement de la vie et devenus nuisibles à l'organisme; avec le sang, enfin, circulent l'acide carbonique et l'azote, produits gazeux de l'action ultime des métamorphoses de la nutrition, et dont ce liquide se débarrasse par les diverses surfaces respiratoires. Le sang représente donc un fluide à la fois réparateur et épurateur,

dont le renouvellement et la destruction continuels, confiés surtout à la *digestion* et à la *respiration*, sont les deux conditions inséparables de l'existence des animaux supérieurs.

Mais les phénomènes respiratoires n'existent pas seulement chez l'homme et les vertébrés aériens. Nous les retrouverons, avec les modes les plus variés, dans toutes les espèces animales, même dans les plus inférieures qui, dépourvues de véritable sang comme de tube digestif, offrent pourtant des sucs particuliers introduits par absorption, mais dont la qualité nutritive ne peut se développer que sous l'influence vivifiante de l'oxygène atmosphérique. Ajoutons que l'intervention de ce fluide est aussi indispensable à la plante qu'à l'animal, et cela dans toutes les périodes de la vie. La séve, qui est l'analogue du sang, ne peut être suffisamment élaborée et devenir un fluide réellement nourricier qu'à cette condition.

Il y aura donc quelque intérêt à ne pas borner l'exposé qui va suivre à la respiration chez les animaux, mais à jeter au moins un coup d'œil très général sur la même fonction dans les plantes. Partout nous verrons la vie ne se maintenir qu'autant qu'il existera une action continuelle et réciproque du milieu ambiant et de l'être organisé l'un sur l'autre.

Quand une fonction se retrouve chez tous les êtres vivants, on est autorisé à conclure qu'elle doit représenter une des conditions fondamentales de leur existence. La respiration offre incontestablement ce caractère : non-seulement toutes les espèces vivantes respirent, mais encore, à leurs différents âges, elles ne peuvent se développer ou durer qu'à la condition d'accomplir cette fonction en toute liberté et dans la plénitude de leurs besoins. Les expériences les plus positives ont en effet démontré que le germe de la plante et le germe de l'animal respirent déjà dans la graine et dans l'œuf où ils s'organisent, et que tout développement s'arrête aussitôt qu'est empêchée la communication avec l'air atmosphérique. Bien des fois on a répété les expériences de Homberg qui, au commencement du XVIII^e^ siècle, prétendit avoir fait germer des graines dans le vide de la machine pneumatique ; nul, depuis, n'a pu obtenir le résultat annoncé par ce physicien. Théodore de Saussure (1), entre autres, qui s'est appliqué à démontrer que Homberg avait été induit en erreur par des expériences imparfaites, a établi, comme conséquence certaine de ses propres observations, que l'air est indispensable à la germination. La graine absorbe l'oxygène de l'air au profit du jeune embryon qu'elle renferme, fixe quelques traces d'azote, et en même temps exhale une notable quantité d'acide carbonique. W. Edwards et Colin (2) ont constaté les mêmes faits, en y ajoutant quelques nouveaux détails.

Quant à l'œuf des animaux, il ne se comporte pas autrement. Ce fut d'abord dans l'œuf du poulet qu'on reconnut la respiration de l'embryon. Déjà Mayow (3) avait été amené par ses recherches à regarder comme nécessaire l'existence de la respiration à travers la coquille, et, à son tour, Réaumur (4) vint établir cette vérité de la manière la plus frappante, en faisant voir que, si l'on recouvre la surface de l'œuf d'une couche imperméable, comme de l'huile ou du vernis, l'embryon ne se déve-

(1) *Annales des sciences naturelles*, 1^re^ série, t. II, p. 273.
(2) *Comptes rendus de l'Acad. des sc. de Paris*, 2^e^ semestre 1838, n° 22, p. 922.
(3) *Tractatus quinque medico-physici*. Oxonii, 1674. — *De respiratione fœtus in utero et ovo.*
(4) RÉAUMUR, *Mém. de l'Acad. des sc. de Paris.* Année 1735, p. 465 et suiv.

loppe point. Plus tard, il fut clairement prouvé que l'œuf, contenant un poulet en voie de développement, absorbe aussi de l'oxygène et exhale de l'acide carbonique. D'après les expériences de Michelotti (1), les œufs d'insectes donnent lieu au même phénomène. Du reste, les *milieux irrespirables* agissent sur les œufs des animaux comme sur les animaux eux-mêmes; Viborg (2) et Schwann (3) surtout ont mis ce fait hors de doute. Ce dernier a même analysé l'influence d'une atmosphère dépourvue d'oxygène sur l'œuf d'oiseau et précisé les changements que cette partie peut y subir ainsi que la période à laquelle les phénomènes de son évolution sont arrêtés faute de l'élément respirable. Dans ces circonstances anormales, il ne se forme pas de sang sur l'*area pellucida* du blastoderme, et l'on ne voit apparaître aucune trace d'embryon. La viviparité des Mammifères ne fait que donner une autre forme au phénomène : chez eux, le fœtus emprunte au sang de la mère, par suite d'une certaine union de leurs appareils vasculaires, l'oxygène que la surface pulmonaire ne peut encore lui fournir directement. Les villosités du placenta, plongées dans les sinus sanguins de l'utérus maternel, y effectuent une véritable respiration.

Ainsi, en aucun cas, un être vivant, même à l'état de germe, ne saurait se développer en l'absence des phénomènes respiratoires; ceux-ci doivent se continuer sans interruption pendant toute la durée du développement ; de plus, à cette première période de la vie, ils sont identiques dans les deux règnes, puisque la graine et l'œuf absorbent de l'oxygène et exhalent de l'acide carbonique.

Une fois cette période passée, l'identité dont il s'agit persiste-t-elle? Avant de chercher à résoudre une aussi intéressante question, qui touche à une des grandes harmonies de la nature, mentionnons très rapidement les *organes respiratoires* en indiquant la principale condition qui les modifie dans leur forme, leur structure, leur situation ou leurs rapports.

Dans les plantes, tous les téguments encore jeunes, et ceux qui ont conservé une perméabilité assez grande ou une texture assez délicate pour les rendre propres à l'endosmose des gaz, servent à la respiration d'une manière plus ou moins active, suivant les parties qu'ils revêtent. Aussi ne peut-on pas dire que, sous ce rapport fonctionnel, il y ait encore là une véritable localisation. Si l'on admet comme principaux organes respiratoires les *feuilles* et toutes les *parties vertes*, qui, en effet, exécutent des actes nutritifs fort importants et intimement liés à la respiration, on doit également se rappeler que toute *surface colorée* comme celle des fleurs, celle des fruits, etc., n'y demeure pas étrangère. Malgré cette diffusion extrême de la respiration, la différence des milieux n'entraîne pas moins une différence correspondante dans l'organisation des principales surfaces respiratoires. La démonstration de ce fait intéressant est due à Ad. Brongniart. Il résulte de ses observations que les végétaux destinés à vivre sous les eaux offrent, dans leurs feuilles notamment, une organisation bien plus simple que celle de ces mêmes organes dans les plantes qui doivent vivre à l'air libre : l'épiderme, avec ses stomates, ne recouvre plus la feuille aquatique ; les vaisseaux, et particulièrement les trachées, ne se retrouvent pas au milieu du parenchyme ; la feuille n'est guère

(1) BURMEISTER, *Entomologie*, t. I, p. 365.
(2) *Abhandl. fuer Thierærzte und OEconomen*, t. IV, p. 445.
(3) *De necessitate aeris atmosp. ad evolut. pulli in ovo*. Berlin, 1834. — MUELLER'S *Archiv*, 1835, p. 121.

plus qu'une lame de tissu cellulaire coloré en vert et baignant directement dans l'eau ambiante (1).

Comme dans la plante, les organes respiratoires diffèrent aussi chez l'animal, selon qu'il respire l'air en nature ou bien l'air dissous dans l'eau.

La vie aquatique est beaucoup plus commune dans le règne animal que dans le règne végétal : il suffit, pour s'en convaincre, de se rappeler que tout le dernier embranchement, celui des Zoophytes, ne compte que des animaux aquatiques; que presque tous les Mollusques ont ce même genre de vie, ainsi qu'une portion considérable des Annelés et une classe nombreuse des Vertébrés. Les organismes inférieurs du règne animal sont donc à peu près tous destinés à respirer dans l'eau. Toutes les fois que les téguments ont une finesse et une perméabilité suffisantes, la respiration s'effectue par toute la peau, et le plus ordinairement aucune partie n'est spécialement organisée pour cette fonction. Mais, quand la peau concourt à d'autres usages physiologiques qui nécessitent une structure générale peu favorable aux phénomènes respiratoires, on trouve un organe local particulièrement affecté à l'exécution de ces phénomènes, et celui-ci est constamment en rapport avec le milieu dans lequel l'animal doit opérer l'absorption de l'oxygène. Chez les animaux aquatiques, l'organe de la respiration localisée est toujours disposé en saillie sur quelque point extérieur du corps où l'eau aérée puisse facilement en venir baigner la surface : cet organe, de forme et de composition variables, selon les espèces, porte le nom général de *branchie*. Ce sont certaines paires de pattes chez plusieurs Crustacés; des saillies frangées dépendantes du manteau chez les Mollusques; des houppes arborescentes implantées sur le dos ou sur l'extrémité céphalique, chez certaines Annélides, etc. : peu importe la nature anatomique de l'appareil, dès qu'une partie de la couche tégumentaire peut servir à la respiration aquatique, le nom de *branchie* s'y applique d'une manière uniforme dans le langage des zoologistes. Il est d'ailleurs ordinaire que les animaux ne possèdent point une branchie unique, mais bien une ou plusieurs paires de ces organes.

Quant aux animaux qui respirent directement l'oxygène atmosphérique, ils n'auraient pu maintenir humides leurs surfaces respiratoires, si elles eussent été, comme celles des branchies, placées à l'extérieur du corps. Aussi n'est-ce plus en dehors que, chez eux, le tégument externe s'organisera, dans plusieurs de ses points, en un appareil de respiration; il faudra que cette fonction s'exécute à l'aide de surfaces membraneuses rentrées dans l'intérieur du corps, dans des cavités qu'un petit nombre d'orifices rendront accessibles à l'air, et dont la superficie, généralement très anfractueuse, pourra demeurer à l'abri de la dessiccation. Tel est, en effet, le principe de la conformation des organes que l'on appelle des *poumons* chez les animaux supérieurs, ou bien encore de ce réseau de tubes aérifères qui constitue les *trachées* des Insectes et de quelques autres animaux Annelés à respiration aérienne.

Ce n'est donc ni au milieu de circonstances uniformes, ni avec des moyens organiques toujours les mêmes que s'accomplit la respiration chez les êtres vivants d'un même règne : d'une part, en effet, on les voit respirer dans toutes les conditions physiques, dans l'air sec ou humide, dans l'eau des fleuves ou des océans, sous la couche de terre où s'enfouissent certaines espèces, jusque dans la profondeur des organismes où quelques-unes vivent en parasites; et d'autre part, pour

(1) AD. BRONGNIART, *Ann. des sc. nat.*, 1837, 1re série, t. XXI, p. 420 et suiv.

assurer l'exécution d'une fonction si nécessaire, on trouve les organes les plus dissemblables par la configuration comme par la structure. Aussi, après en avoir étudié les formes si diverses, on demeure frappé de la prédominance du but physiologique sur les moyens employés pour l'atteindre, et l'on est naturellement amené à une conclusion que confirme d'ailleurs l'étude comparative de la plupart des fonctions et de leurs organes dans les différentes espèces ; conclusion qu'on pourrait ériger en un principe de la science considérée d'un point de vue élevé et formuler ainsi : *l'unité existe dans les fonctions et non dans les organes.* Évidemment, dans certains appareils et dans certains groupes, les organes ne sont ramenés à l'unité anatomique que par les exigences mêmes de l'unité physiologique : c'est ainsi, par exemple, que les conditions mécaniques très précises de la locomotion perfectionnée des Vertébrés impriment à leur squelette un caractère manifeste d'unité de composition organique qui a été saisi et développé par des auteurs célèbres. Mais, dès qu'on a voulu appliquer les mêmes principes à des appareils dont les fonctions présentent des conditions essentielles plus simples, on n'a plus guère saisi que des traits vagues et peu accusés de cette unité organique si visible ailleurs. La respiration a particulièrement déjoué tous les efforts de ce genre, car le résultat des travaux d'anatomie philosophique a été, en ce qui la concerne, de montrer qu'elle s'exécute à l'aide de parties organiques qui, quoique profondément dissemblables, n'en satisfont pas moins aux conditions premières de son accomplissement.

Plus tard, en étudiant les divers modes de respiration dans la série animale, nous aurons occasion de revenir avec quelques détails sur les appareils variés qui sont dévolus à cette fonction.

Si l'on ne saurait contester l'influence des milieux ambiants sur le mode de conformation et le choix des parties destinées à la respiration, et si, en effet, l'animal qui respire dans l'eau offre des organes respiratoires différents de ceux de l'animal qui respire dans l'air, cette fonction n'en demeure pas moins la même dans son *essence* et dans sa fin : aquatiques ou aériens, les animaux absorbent toujours de l'*oxygène* (indépendamment des autres absorptions gazeuses qu'ils peuvent accomplir), exhalent de l'acide carbonique, et, en même temps, produisent de la chaleur. Les espèces aquatiques absorbent l'oxygène dissous dans l'eau, les espèces aériennes l'empruntent directement à l'air : mais, au fond, la différence est dans la quantité d'oxygène dont disposent les unes et les autres, et non dans l'état de ce principe au moment de son introduction à travers les tissus. En effet, l'expérimentation démontre surabondamment qu'il ne peut y avoir de respiration par l'intermédiaire d'un tégument sec, mais que toute surface respiratoire doit être constamment imprégnée d'eau et recouverte d'une couche d'humidité plus ou moins épaisse : il y a donc lieu de croire que l'oxygène respiré ne pénètre jamais dans l'organisme qu'à l'état de dissolution, et que si les espèces qui vivent dans l'eau trouvent à cet égard l'élément respirable tout préparé pour l'absorption, celles qui respirent dans l'air sont dans la nécessité de posséder en elles-mêmes les ressources nécessaires pour le dissoudre. Cette tâche supplémentaire, imposée à l'appareil respiratoire des espèces aériennes, explique les particularités de conformation de cet appareil, et se trouve compensée, au profit de l'activité vitale, par l'abondance même de l'oxygène inspiré.

Quant aux plantes, quel que soit d'ailleurs le milieu ambiant, l'eau ou l'atmosphère, on suppose aussi, comme nous venons de le voir pour les animaux, que leur respiration demeure identique dans les deux cas.

Nous trouvons ici une double action sur l'air atmosphérique, action qui mérite tout notre intérêt et qui a été diversement interprétée par les observateurs. Th. de Saussure (1), d'après des expériences dont les résultats sont conformes aux premiers résultats obtenus par Priestley (2), Ingenhousz (3), Ch. Bonnet (4), etc., a établi que, *dans l'obscurité*, toutes les parties des végétaux (surtout les feuilles et les parties vertes) absorbent de l'oxygène et expirent de l'acide carbonique; tandis que, exposées *à la lumière directe*, les feuilles et les parties vertes absorbent de l'acide carbonique et exhalent de l'oxygène. De Saussure attribuait la production de ce dernier gaz à la décomposition par la plante, sous l'influence de la radiation solaire, de l'acide carbonique préexistant dans les tissus, et aussi de l'acide carbonique emprunté à l'atmosphère.

Le phénomène inattendu de la réduction du gaz carbonique, dans l'acte de la respiration végétale, d'où fixation de carbone et exhalation d'oxygène, a surtout frappé l'attention, et l'on a généralement admis qu'il constituait *essentiellement* cette fonction. Placés à ce point de vue, les botanistes et les chimistes virent un antagonisme remarquable entre l'action des animaux et celle des plantes sur l'air atmosphérique, et signalèrent cette action opposée comme la véritable cause qui le maintient invariable et constant dans sa composition. En effet, tandis que la plante va réduisant sans cesse des substances oxygénées qu'à l'aide de ses forces essentielles elle convertit en matière organique ou même en sa propre substance, l'animal va brûlant ou oxydant toujours cette même matière, afin de s'organiser lui-même; et, dans ce but, il emprunte à l'air son *oxygène*, c'est-à-dire le même principe que les plantes y versent incessamment sous l'influence de la lumière du soleil.

Ces idées qui, aujourd'hui, ont cours dans la science, auraient besoin, au dire de quelques nouveaux observateurs, sinon d'être réformées, au moins complétées et quelque peu rectifiées. Garreau (5), en particulier, dans deux mémoires publiés en 1851, a fait connaître une série d'expériences importantes sur la respiration des végétaux, et les conclusions qu'il a formulées à la suite de ces expériences méritent d'être rappelées ici comme intéressant la physiologie générale. D'après cet auteur, « il existe dans les feuilles, *à l'ombre* (lumière diffuse) ou *au soleil*, deux actions » simultanées et inverses, l'une comburante, l'autre réductrice; et c'est à la prédo- » minance de l'effet de la seconde sur celui de la première qu'est due l'accumu- » lation du carbone dans les plantes. Les *feuilles*, pendant le jour, *au soleil ou à* » *l'ombre, expirent de l'acide carbonique*, et ce gaz est expiré en quantité d'au- » tant plus grande que la température est plus élevée. L'acide carbonique recueilli » dans les expériences ne représente pas, à beaucoup près, ajoute Garreau, tout » celui qui a été expiré, la majeure partie étant réduite à mesure de l'expi- » ration (*). »

(1) *Recherches chimiques sur la végétation*, p. 133. Genève, 1804.

(2) *Expér. et observ. sur différentes espèces d'air*, t. I, 1re part., § IV, trad. fr. de Gibelin. Paris, 1777.

(3) *Expériences sur les végétaux*, etc. Paris, 1780.

(4) *Recherches sur l'usage des feuilles dans les plantes*. Gœttingue et Leyde, 1754.

(5) *Ann. des sc. nat.*, 3e série, t. XV, p. 5, et t. XVI, p. 271.

(*) Les expériences de GARREAU ont été faites dans les conditions suivantes : Il a placé des rameaux feuillés, tenant encore à la plante ou séparés d'elle, dans des récipients de verre d'une capacité

Ainsi, il résulterait de ces nouvelles recherches que Th. de Saussure n'aura mis en grande évidence que le phénomène de *réduction* dans la respiration de plantes, sans que pourtant le phénomène de *combustion* lui eût tout à fait échappé mais, à tort selon Garreau, ce dernier phénomène n'avait paru que secondaire de Saussure, et, depuis, on n'en aurait pas suffisamment tenu compte.

Du reste, les faits rapportés par Garreau se relient à d'autres faits constatés antérieurement dans divers organes des végétaux, autres que les feuilles Ch. Bonnet (1), J. Senebier (2), Dutrochet (3), etc., ont démontré que le fleurs, et en général toutes les parties végétales non colorées en vert, absorbent de l'oxygène et exhalent de l'acide carbonique, sans participer en rien de l'action réductrice exercée par les feuilles et les parties vertes. Dutrochet a démontré aussi que les cryptogames de la famille des Champignons respirent de la même manière, et agissent en toutes circonstances sur l'atmosphère ambiante comme le feraient des animaux. Enfin, il n'est pas d'observateurs qui, aujourd'hui, se refusent à admettre, d'après le témoignage de l'expérience, que toute graine qui germe et tout bourgeon qui se développe, exhalent du gaz carbonique et empruntent de l'oxygène à l'air. Il paraît donc bien établi que, dans les plantes, outre l'action réductrice exercée par les parties vertes sous l'influence de la lumière, et généralement regardée comme le véritable phénomène respiratoire, il peut aussi exister une autre série de faits dépendants d'une action comburante, et éminemment remarquables par leur analogie avec ceux de la respiration des animaux. Comme conséquence de cette action, il peut également se produire une élévation de température qui, dans certains cas, ne laisse point que d'être très appréciable. La production de chaleur, dans les végétaux en pleine activité vitale, a été bien étudiée par Dutrochet (4), qui a constaté, à l'aide d'expériences très délicates, que, dans les *parties vertes*, cette chaleur ne peut guère surpasser un quart ou un tiers de degré centigrade, et n'est bien souvent que d'un dixième ou d'un douzième de degré. Dans les *fleurs*, au contraire, on a pu observer des températures très élevées : la floraison est en effet accompagnée d'un échauffement des diverses parties de la fleur, et la famille des *Aroïdées* surtout offre ce phénomène porté à un haut degré d'intensité, puisqu'il est telle observation où l'on a reconnu une différence de 20 et quelques degrés au-dessus de la température ambiante (5).

connue, et très soigneusement bouchés, qui contenaient une capsule remplie d'hydrate de potasse, ou qui communiquaient avec un réservoir d'eau de chaux. La solution alcaline absorbait l'acide carbonique formé, et l'augmentation du poids faisait connaître la quantité de ce gaz obtenue. Quant à l'absorption de l'oxygène, Garreau, pour la constater, prenait, comme récipient dans son expérience, une allonge en verre bien hermétiquement fermée à sa partie supérieure, et dont la partie inférieure, graduée en volumes égaux, plongeait comme une éprouvette dans une petite cuve à eau. Ce liquide s'élevait dans l'allonge, à mesure que l'absorption de l'oxygène avait lieu, et cela d'autant mieux que l'acide carbonique, qui aurait pu le remplacer, était de son côté absorbé par la potasse; ainsi la diminution du volume de la masse gazeuse dans l'allonge indiquait l'absorption de l'oxygène atmosphérique. Ces expériences ont été faites *en plein jour*, à l'abri des rayons directs du soleil, et elles ont constamment démontré l'absorption d'une quantité notable d'oxygène par le *rameau feuillé*, ainsi que l'exhalation d'une certaine proportion d'acide carbonique.

Tels sont les procédés mis en usage par Garreau, et qui l'ont conduit à l'observation des faits sur lesquels s'appuient les précédentes conclusions.

(1) *Ouv. cit.*

(2) *Rapports de l'air avec les êtres organisés*, t. III, p. 171 et suiv. Genève, 1807.

(3) *Mém. pour servir à l'hist. des animaux et des végétaux*, t. I, p. 323 et 362. Paris, 1837.

(4) *Comptes rendus de l'Acad. des sc. de Paris*, t. VIII, 1er sem., 1839, p. 695, 741, 907.

(5) RICHARD, *Nouveaux éléments de botanique*, p. 431. Paris, 1846. — SCHULTZ, *Arch. de bot.*, t. II, p. 40. — DUTROCHET, *Comptes rendus de l'Acad. des sc. de Paris*, 1839, 2e sem., p. 613.

Ainsi on peut retrouver, dans la nutrition des plantes, le phénomène essentiel le la respiration des animaux avec les mêmes conséquences physiologiques ; mais le plus, les feuilles et les parties vertes exercent, sous l'influence de la lumière, un autre acte inverse du premier au point de vue chimique, et intermittent, comme 'action de la lumière elle-même.

Cherchant à se rendre compte, à un point de vue très général, de l'essence de la respiration dans les végétaux, Dutrochet (1), en 1836, résolut cette question dans e sens de l'analogie la plus complète entre eux et les animaux. Ce savant expérimen-tateur rapporte un grand nombre d'expériences destinées à constater la présence le l'air dans les trachées, les vaisseaux ponctués, rayés, etc., des diverses parties de a plante, et il conclut que « la respiration des végétaux est fondamentalement la » même que la respiration des animaux, en cela qu'elle consiste comme elle dans » la fixation de l'oxygène dans le tissu intime des organes auxquels cet élément de » la respiration est porté par des organes spéciaux. » Dutrochet compare même cette respiration des plantes, par une véritable circulation d'air, à ce qui se passe chez les Insectes, et il arrive à considérer la respiration comme un phénomène partout semblable dans la longue série des êtres organisés où, suivant lui, on ne peut constater des différences que dans les phénomènes accessoires. Garreau (2) a récemment formulé le même principe, en oubliant toutefois de rappeler les idées de Dutrochet analogues et antérieures aux siennes : « toutes les parties des plantes » respirent, dit Garreau, et l'acte respiratoire, chez elles comme chez les animaux, » a pour résultat final et appréciable de déplacer le carbone en élevant leur tem-» pérature. »

Aux yeux de ces auteurs et d'autres encore, la respiration *animale* se retrouverait donc dans les plantes avec les mêmes caractères essentiels, et il y aurait ainsi lieu d'accorder à la respiration oxygénée une importance de premier ordre touchant la nutrition de tous les êtres doués de la vie. Pour Garreau surtout, qui affirme que non-seulement dans l'obscurité (comme on l'avait admis exclusivement) mais encore à la lumière diffuse du soleil, c'est-à-dire *sans intermission*, *toutes les parties* vertes ou colorées *de la plante* absorbent de l'oxygène et exhalent de l'acide carbonique, cette action incessante et générale constitue la véritable respiration ; au contraire, la décomposition de l'acide carbonique, dont le carbone se fixe dans la plante et l'oxygène s'exhale dans l'atmosphère, ne s'opérant que pour quelques parties (vertes) et avec certaine condition nécessairement intermittente (radiation solaire), cette décomposition, dis-je, paraît au même observateur être purement un acte de nutrition ou d'assimilation. Aussi, comme il le fait remarquer, une plante qui cesse de décomposer l'acide carbonique (et cela a lieu quand on la laisse longtemps dans une complète obscurité), ne meurt pas, mais seulement languit et pâlit, comme étant privée de nourriture ; tandis que celle qui ne reçoit plus d'oxygène, ainsi qu'on peut l'expérimenter en la plaçant dans un autre gaz, comme l'azote et l'hydrogène, ou encore dans le vide de la machine pneumatique, ne tarde pas à mourir comme asphyxiée.

Quoi qu'il en soit de ces arguments, dont plusieurs assurément pourront paraître plausibles, toujours est-il, de l'aveu même de leur auteur, que, *dans la respira-*

(1) *Recherches sur les organes pneumatiques et sur la respiration des végétaux*; Mém. lu à l'Acad. des sc. de Paris, séance du 31 octobre 1836, et inséré dans *Mém. pour servir à l'hist. des végét. et des anim.*, t. I, p. 326, Paris, 1837.

(2) *Loc. cit.*

tion diurne des plantes, l'action réductrice des feuilles et des parties vertes l'em porte de beaucoup sur leur action comburante ; de là, accumulation de carbon dans les végétaux et exhalation d'oxygène si indispensable aux animaux, qui, leur tour, exhalent de l'acide carbonique. C'est ainsi que la respiration des un représente, en sens inverse, celle des autres, et qu'elle en compense les effets dan l'atmosphère.

Entre le règne végétal et le règne animal il existe, par conséquent, une tro grande solidarité résultant de leurs échanges continuels, pour qu'il soit besoin d nous justifier ici d'avoir présenté ces vues d'ensemble, avant l'étude des diver modes de respiration dans la série animale et l'exposé approfondi des phéno mènes chimiques ou mécaniques relatifs à cette fonction.

MODES DIVERS DE RESPIRATION DANS LA SÉRIE ANIMALE.

1° Dans les êtres qui forment les groupes inférieurs du règne animal, il n'es pas toujours facile de reconnaître par quels moyens s'exécute la respiration. L caractère de ces organismes étant d'offrir une certaine homogénéité, une ressem blance plus ou moins complète entre toutes les parties, on suppose que les diverse fonctions essentielles à la vie s'effectuent à la fois par les mêmes organes, et que partant, la substance générale du corps jouit, en quelque sorte, de toutes les pro priétés physiologiques qui sont dévolues à des portions distinctes dans les animau plus élevés. Les *Infusoires polygastriques*, les larves d'un grand nombre d'autre ZOOPHYTES, tels que les *Spongiaires*, les *Acalèphes*, les *Polypes*, nous offren des exemples de cette simplicité organique. La plupart sont pourvus extérieu rement de cils vibratiles qui agitent d'une manière continue l'eau ambiante, e qui, tout en servant à l'animal de moyens de locomotion, renouvellent sans cess le fluide respirable dans lequel il est plongé. Du reste, la surface du corps de ce animaux est extrêmement perméable, et l'on est naturellement amené à croire qu le liquide qui, imbibant tout cet organisme, y joue le rôle du sang, doit absorbe dans l'eau aérée l'oxygène de l'air par l'entremise de cette surface, qui représent une enveloppe à peine distincte de la masse homogène.

La classe des *Spongiaires* présente, dans ses diverses espèces à l'âge adulte, un respiration aussi peu localisée et une organisation tout aussi indécise. Le corps de ce êtres singuliers est formé d'une matière consistante, cornée, siliceuse ou calcaire recouverte partout d'une substance molle et comme gélatineuse ; privé de mouve ment chez l'adulte, et affectant des formes très variées, suivant les espèces, il es toujours percé d'une quantité considérable de canaux irréguliers constituant u réseau extrêmement riche en tubes aquifères, que l'eau parcourt sans cess sous l'influence des cils vibratiles dont leur surface intérieure est revêtue (1). Ce courants d'eau entrent dans les canaux aquifères par de petits orifices irrégulière ment conformés que Grant (2) a décrits sous le nom de *pores*. Après avoi parcouru une étendue plus ou moins considérable de ce réseau intérieur, l'eau expulsée par d'autres orifices plus grands et de forme régulière, entraîne avec ell les matières excrémentitielles ; c'est ce qui a fait désigner par le même auteur ce

(1) DOBIE, *Annals of Anat. and Physiol.* de GOODSIR, 1852, n° 2, p. 127.

(2) *Ann. des sc. nat.*, 1827, t. XI, p. 150. *Edinburg Philos. Journal*, vol. XIII et XIV. — *Edinb. New Philos. Journal*, vol. I et II, pl. 21, fig. 21 et 22.

orifices sous le nom d'*orifices fécaux*. Où se fait la respiration dans ce singulier transport de l'eau à travers la masse du Spongiaire ? L'induction porte à penser que l'absorption de l'oxygène s'opère, non-seulement par la surface extérieure de l'éponge, mais encore et surtout par la surface interne des canaux aquifères. Probablement ces canaux ne servent pas seulement à la respiration ; la présence de matières excrémentitielles dans l'eau rejetée a fait admettre qu'il s'y faisait aussi une sorte de digestion.

Le tégument commun est également en rapport avec la fonction respiratoire chez les *Polypes*, quelle que soit d'ailleurs leur organisation ; que les individus, représentant l'espèce, vivent isolés à l'âge adulte (Actinies, Hydres), ou bien qu'ils constituent ces agrégations nombreuses, à forme arborescente, dans lesquelles se sécrète la masse solide des Polypiers (Corail, Gorgone, etc.). Chacun de ces êtres inférieurs conserve toujours une enveloppe molle et perméable qui peut permettre une respiration active et qui doit être considérée comme l'instrument essentiel de cette fonction. On peut en outre attribuer un rôle analogue à l'appareil gastro-vasculaire dont leur corps est parcouru, et dans lequel l'eau pénètre infailliblement. Milne Edwards (1) signale encore, comme des organes propres à la respiration, les tentacules creux dont la bouche des polypes est entourée.

Enfin, c'est exclusivement par le tégument externe que respirent les *Acalèphes* : les rangées de cils vibratiles, diversement distribuées sur la surface de leur corps, servent aussi à renouveler, pour les besoins de la respiration, l'eau aérée dans laquelle ils sont plongés.

Quelque simple et rudimentaire que soit l'organisation des Zoophytes de la classe des *Échinodermes*, nous allons pourtant trouver chez eux un commencement de localisation de la fonction respiratoire. Jusqu'à présent, nous avions vu l'enveloppe générale du corps employée à l'absorption de l'oxygène, avec ou sans le concours des membranes qui tapissent certaines cavités intérieures du corps. L'emploi de ce procédé physiologique ne saurait persister chez les Échinodermes à cause de la consistance de leur peau. En général épais et dur, ce tégument, en devenant un organe de protection, a perdu les qualités indispensables à la respiration ; aussi est-on, de prime abord, assez embarrassé pour déterminer quels sont les organes où s'est concentrée cette fonction. Cependant, si l'on examine l'organisme dans les divers groupes d'Échinodermes, on constate qu'il existe toujours chez eux un certain nombre d'organes membraneux revêtus d'une peau molle et capable d'absorber, organes qui viennent faire saillie sur quelques points de leur tégument rugueux : ce sont d'abord des tentacules rameux qui entourent la bouche, et dont la texture délicate et les rapports avec la cavité générale du corps semblent ménagés pour la respiration ; ce sont encore ces pieds vésiculeux si abondamment répandus en séries régulières sur le test solidifié des Étoiles de mer ou des Oursins, ou bien sur les téguments coriaces des Holothuries. Ces pieds vésiculeux communiquent, dans l'intérieur du corps, avec des vésicules spéciales (1) et avec un système de vaisseaux qui semblent propres à faire circuler un liquide dans les diverses parties de l'appareil (2). Du reste, si les zoologistes s'accordent à considérer ces organes comme affectés aux usages respiratoires, ils sont jusqu'ici assez

(1) *Leçons sur la physiologie et l'anatomie comparée*, t. II, 1re partie, p. 5.

(1) TIEDEMANN, *Anat. der Röhren-Holothurie*, pl. 6, fig. 2 et 4. — VALENTIN, *Anat. du genre Echinus*, dans *Monographie d'Échinodermes*, par AGASSIZ, pl. 7, fig. 135 et 136 ; pl. 8, fig. 161.

(2) DUVERNOY, *Compt. rend. de l'Acad. des sc. de Paris*, t. XXVI, p. 291, 1er sem., année 1848.

peu d'accord sur leur mode de fonctionnement. Milne Edwards (1) pense, avec Duvernoy (2) et Williams (3), que la cavité viscérale des Échinodermes est remplie du fluide nourricier comparable au sang des autres animaux ; que les pieds vésiculeux absorbent l'oxygène de l'eau ambiante, le font circuler dans les vaisseaux sous-cutanés et dans des vésicules qui, placées à la base des pieds, ont reçu le nom de *branchies internes*. Ces vésicules, qui font saillie dans la cavité générale du corps, sont baignées par le fluide nourricier auquel elles cèdent, par endosmose l'oxygène qui doit le vivifier.

Outre ces parties, dont les usages sont encore assez mal définis, on trouve, dans le groupe des Holothuries, un appareil tout spécial qu'on nomme généralement *trachées aquifères*. Ce sont des tubes rameux qui s'étendent, en toutes directions dans la cavité viscérale, en y formant un chevelu abondant ; ces tubes se réunissent en troncs de plus en plus volumineux et de moins en moins nombreux à mesure qu'ils se rapprochent de l'anus ; enfin ils viennent s'insérer dans le rectum, de manière à communiquer par son intermédiaire avec l'extérieur. Les Holothuries accomplissent des mouvements énergiques de contraction et de dilatation à l'aide de muscles vigoureux placés au-dessous de leurs téguments. Ces animaux peuvent donc exécuter des mouvements d'inspiration qui ont pour résultat de faire pénétrer l'eau dans l'intérieur du canal digestif par l'anus ; de là, ce liquide s'introduit dans les tubes des trachées aquifères et va porter au milieu du fluide nourricier l'élément respirable. La contraction de l'enveloppe du corps donne lieu, au contraire, à une véritable expiration qui a pour effet d'expulser l'eau qui a séjourné à l'intérieur. C'est là un appareil bien plus complexe que tous ceux que l'on observe dans les autres groupes de cette classe. Il semble représenter, chez les animaux aquatiques, celui que nous aurons à décrire bientôt chez les Insectes, sous le nom de *trachées aériennes :* comme ces dernières le font chez les Insectes, les trachées aquatiques des Holothuries distribuent le fluide respirable au milieu de la masse du sang épanché dans la cavité viscérale du corps ; de plus, le renouvellement de ce fluide dans le système respiratoire est assuré, dans l'un et l'autre cas, par les mouvements qu'un appareil musculaire peut imprimer à l'enveloppe externe.

Ainsi, l'embranchement des ZOOPHYTES nous offre des animaux aquatiques dont ordinairement la respiration n'est pas localisée et s'accomplit par l'enveloppe générale ; lorsque celle-ci devient impropre à la respiration, ce sont encore certaines de ses parties qui conservent l'organisation nécessaire pour se prêter à cette fonction, et l'on peut dire que l'existence d'un appareil respiratoire particulier est une exception dans ce type inférieur du règne animal.

Il n'en sera pas de même dans les Mollusques, les Annelés, et surtout les Vertébrés. Si l'on constate encore, dans certains groupes inférieurs du type, l'existence d'une respiration plus ou moins complétement cutanée, le plus souvent on rencontre un organe spécialement dévolu à la respiration, et cet organe, bien qu'il présente beaucoup de différences de détails d'une espèce à une autre, se rapporte en général assez nettement à une des dispositions organiques que nous avons déjà indiquées sous les noms de *branchies*, de *trachées* et de *poumons*.

(1) *Ouv. cit.*, t. II, 1re partie, p. 8.
(2) *Loc. cit.*
(3) *Anat. of Nat. Hist.*, 2e série, 1853, vol. XII, p. 253.

2° — Les MOLLUSQUES sont partagés en deux séries distinctes et très inégalement favorisées sous le rapport de la perfection organique : les *Molluscoïdes* et les *Mollusques proprement dits*.

Voisins des Zoophytes par leur simplicité d'organisation, inférieurs même aux groupes les plus perfectionnés de ce type, les Molluscoïdes nous offrent la même indécision dans les traits caractéristiques de leur appareil respiratoire.

Ce sous-embranchement comprend habituellement les classes des *Bryozoaires* et des *Tuniciers*. Les premiers sont de petits animaux analogues aux Polypes, avec lesquels on les a longtemps confondus; ils sont, comme eux, susceptibles de vivre en agrégations nombreuses soutenues par un polypier corné ou calcaire. Chaque animal a pour partie propre une sorte de cylindre charnu, rétractile, au sommet duquel est une bouche dont le pourtour porte une couronne de tentacules longs et grêles. La peau molle de tout le corps, et particulièrement celle des tentacules, offre les caractères d'une surface propre à la respiration ; ajoutons à cela que le fluide nourricier remplit ces prolongements, dont une cavité, en rapport avec celle du corps, occupe la partie centrale. D'ailleurs le renouvellement de l'eau est assuré par une disposition analogue à celle que bien des Zoophytes nous ont déjà présentée : les tentacules qui entourent la bouche sont pourvus d'une rangée latérale de cils vibratiles, longs et sans cesse agités (1).

Les *Tuniciers* ont un appareil respiratoire un peu plus complexe, qui consiste en une cavité placée à l'entrée du tube digestif et paraissant interposée entre la bouche et l'œsophage. Cette cavité membraneuse, accessible au fluide respirable, a ses parois tapissées de bandes saillantes formant une sorte de treillage, et pourvues de cils vibratiles qui se meuvent de manière à diriger vers l'œsophage le courant d'eau qui apporte à la fois l'oxygène pour la respiration et les substances alimentaires pour la digestion (2). Chaque bande membraneuse de ce treillis respiratoire est parcourue intérieurement par un courant sanguin, de manière qu'on peut voir là une sorte d'appareil branchial ébauché sur les parois mêmes du tube digestif, et utilisant pour la respiration le courant d'eau, chargé de matières nutritives, qui entre par la bouche et sort par l'anus, en entraînant à la fois les matières fécales et l'acide carbonique exhalé par l'animal (3). Les Biphores seuls, parmi les Ascidies, offrent dans la disposition de cet appareil respiratoire quelques modifications anatomiques dans les détails desquelles nous n'avons pas à entrer ici (4).

Le sous-embranchement des *Mollusques proprement dits* se distingue du précédent par une perfection organique plus grande et par une plus grande uniformité dans la disposition des organes respiratoires. Presque tous les animaux qui appartiennent à ce sous-embranchement, vivent plongés dans l'eau et respirent par des branchies l'oxygène dissous dans ce liquide. Au milieu de cette longue série d'espèces aquatiques, on trouve seulement quelques genres organisés pour vivre dans l'air : tels sont les *Gastéropodes pulmonés*, ainsi nommés parce qu'ils sont

(1) AUDOUIN et MILNE EDWARDS, *Rech. sur les animaux sans vertèbres, faites aux îles Chausey*, *Ann. des sc. nat.*, 1828, t. XV. — HANDCOCK, *Ann. of Nat. Hist.*, 2e série, t. V. — VAN BENEDEN, *Mém. de l'Acad. de Bruxelles*, t. XVI.

(2) MEYEN, *Nova Acta naturæ curiosorum*, 1832, vol. XVI.

(3) SAVIGNY, *Mém. sur les anim. sans vertèbres*, 2e partie, 1816. — MILNE EDWARDS, *Observ. sur les Ascidies composées*, dans *Comptes rendus de l'Acad. des sc. de Paris*, t. IX, p. 590.

(4) MILNE EDWARDS, *Règne animal illustré*, pl. 121 (Mollusques).

pourvus d'un organe respiratoire assez comparable à un poumon. Il faut ajouter que la peau des Mollusques, toujours molle et humide, parcourue sur plusieurs points par de nombreux réseaux sanguins lacunaires, et très souvent munie de cils vibratiles abondants, doit elle-même être aussi le siége d'une respiration assez active.

Deux degrés de perfectionnement organique s'observent dans les *Mollusques acéphales*, en ce qui concerne l'appareil respiratoire :

Les *Acéphales brachiopodes* ou *palliobranches* respirent par la surface du double repli cutané qui, chez les Acéphales, enveloppe à droite et à gauche tout l'animal, et qu'on nomme le *manteau*. Ainsi, chez ces animaux inférieurs dans leur groupe, la respiration est incomplétement localisée ; sans avoir lieu par la totalité du tégument externe, elle s'effectue néanmoins par une portion considérable de son étendue, portion qui constitue un organe distinct employé simultanément à plusieurs usages. Il n'existe pas de branchies, ou, si l'on veut, elles ne sont pas encore séparées du manteau, dans le voisinage duquel on les trouve chez les autres Acéphales.

Les *Acéphales lamellibranches* présentent le second degré de perfectionnement. Chez ces Mollusques, on voit l'appareil branchial disposé en lamelles membraneuses entre les flancs de l'animal et l'origine du manteau de chaque côté de la masse du corps. Habituellement on trouve, à droite et à gauche de la masse viscérale, deux feuillets branchiaux qui, en arrière, se rejoignent et s'étendent jusqu'au voisinage de l'anus. Il est pourtant un certain nombre d'Acéphales (Leucines, Corbeilles, Tellines, etc.) chez lesquels on n'observe de chaque côté du corps qu'un seul feuillet branchial (1). La structure de ces branchies est assez complexe et varie quelque peu dans les divers genres d'Acéphales. Dans un travail récent, Williams (2) a décrit avec soin l'organisation des branchies chez les Acéphales : le sang y circule dans des canaux parallèles de la base vers le bord libre, puis il revient par le revers du feuillet branchial, pour retourner aux autres parties du corps par un vaisseau collecteur analogue à une veine branchiale. L'appareil branchial est complété par le manteau qui le protége et lui amène l'eau aérée. Tantôt, comme chez les Huîtres, le manteau est largement ouvert dans toute son étendue, et l'eau arrive librement entre ses deux lobes. Tantôt une adhérence de ses bords, vers la partie postérieure, subdivise l'ouverture palléale en deux fentes : l'une antérieure, beaucoup plus grande, par laquelle l'animal reçoit l'eau respirable et les aliments ; l'autre, plus restreinte, placée vis-à-vis de l'extrémité postérieure des branchies et en rapport aussi avec l'anus (Moules, Anodontes, Cardites). C'est par cette seconde fente que sont expulsées les matières fécales avec l'eau qui a servi à la respiration. D'autres fois cette seconde fente se subdivise encore, à l'aide d'une nouvelle soudure, en deux orifices qui correspondent l'un à l'anus, l'autre à l'ouverture postérieure des branchies (Tridacnes, Cames) ; puis, dans d'autres genres, cet orifice anal et l'orifice respiratoire placé près de lui s'allongent en deux tubes musculeux, plus ou moins intimement unis, que l'on nomme *siphons*. Le tube respiratoire sert alors à l'inspiration, et l'eau est rejetée avec les matières excrémentitielles par le tube anal (Vénus, Corbules, Myes).

Sauf le groupe que nous avons déjà signalé sous le nom de *Pulmonés*, les Gasté-

(1) Valenciennes, *Comptes rendus de l'Acad. des sc. de Paris*, t. XX, p. 1688, année 1845.
(2) *Ann. of Nat. Hist.*, 2e série, vol. XIV, 1854.

ropodes respirent par des branchies, ou tout au moins par des organes extérieurs qu'on peut considérer comme des branchies rudimentaires. Quelques espèces inférieures de cette classe ne paraissant pas pourvues d'organes respiratoires spéciaux, on est contraint de leur attribuer une respiration cutanée s'accomplissant par toute la surface du corps (Pavois, Limaponties, etc.). D'autres semblent employer à la respiration certaines parties de l'appareil digestif qui, d'après quelques observateurs, servent aussi à une sorte de circulation (1); mais dans ce cas, comme dans les précédents, la respiration par la peau paraît encore jouer un rôle très important (2).

Les branchies des Gastéropodes sont généralement protégées par un repli cutané, qui forme une chambre branchiale. Quelques genres (Glaucus, Scyllées, Téthys) ont néanmoins les branchies nues, et le nom de *Nudibranches* rappelle cette disposition. Les autres Gastéropodes, par une organisation analogue à celle des Acéphales, présentent un repli de la peau qu'on nomme le *manteau*, et qui règne tout autour du corps de l'animal. Ce manteau, chez la plupart d'entre eux, sert à loger les branchies sous une portion de son étendue ; et, comme le plus souvent sa surface extérieure porte une coquille, c'est habituellement au bord de la coquille, dans le voisinage de l'extrémité de l'intestin, que se voit la chambre branchiale qu'un large orifice fait communiquer avec l'eau ambiante.

La position de cet appareil varie d'ailleurs dans les divers genres, mais d'une façon assez régulière pour que ce caractère ait pu servir à distinguer les uns des autres les principaux ordres de cette classe. Cuvier (3) avait déjà étudié, à ce point de vue, l'appareil respiratoire des Gastéropodes, que, plus tard, Milne Edwards (4) a décrit d'une manière beaucoup plus précise. Quant à l'organe essentiel, la branchie elle-même, il se compose généralement d'un canal sanguin médian portant, sur ses côtés, des lamelles que parcourent des canalicules émanés du canal principal; extérieurement, cet organe a la forme d'une sorte de panache empenné. Des cils vibratiles très nombreux recouvrent la surface respiratoire et y assurent la constance d'un courant d'eau indispensable à l'oxygénation du sang. On ne trouve, chez les Gastéropodes les mieux organisés, que deux branchies d'un volume considérable.

Les recherches de Souleyet (5) sur l'organisation des *Mollusques ptéropodes* ont mieux fait connaître le mode de respiration de ces animaux. Quelques espèces ont une respiration cutanée diffuse, et d'autres offrent des branchies rudimentaires diversement conformées ; mais, dans la plupart des Ptéropodes, il existe, à la face inférieure du corps, une chambre respiratoire où l'on peut voir une branchie longue et disposée en une sorte de fraise membraneuse, ou même deux branchies dont l'une est bien plus développée que l'autre.

C'est une structure analogue que nous aurons à signaler chez les *Céphalopodes*. Le manteau de ces Mollusques forme, à la face inférieure du corps, une grande poche respiratoire dans laquelle aboutissent tous les canaux excréteurs du corps, et qui est chargée de rejeter au dehors l'eau et les matières excrétoires, à l'aide d'un entonnoir membraneux situé au-dessous de la tête. Au fond de cette poche se

(1) DE QUATREFAGES, *Résumé des observations faites en 1844 sur les Gastéropodes phlébentérés*, dans *Ann. des sc. nat.*, 1848, t. XI, p. 121 et suiv.

(2) ALDER and EMBLETON, *Monogr. of the Brit. Nudib. Mollusca.* — HANDCOCK and EMBLETON, *Ann. of Nat. Hist.*, 2^e série, 1848.

(3) *Règne animal*, 2^e édit., t. III, p. 34.

(4) *Ann. des sc. nat.*, 1848, 3^e série, t. IX, p. 102, et *Voyage en Sicile*, t. I, p. 181.

(5) *Voyage de la Bonite*, Zool., t. II, p. 281.

voient deux ou quatre branchies qui ont l'aspect d'un double panache pyramidal, formé latéralement par des lamelles membraneuses. Les Nautiles en ont deux paires, tandis qu'on n'en trouve qu'une seule chez les Poulpes, les Seiches, les Calmars, etc. Le sac branchial est d'ailleurs formé par une paroi musculeuse qui permet à l'animal d'exécuter des mouvements étendus d'inspiration ou d'expiration, en relâchant ou en contractant cette cavité. L'eau, appelée par le mouvement d'expansion, pénètre par la fente du manteau de chaque côté de la base de l'entonnoir ; dans le mouvement opposé, cette fente, dont les bords se resserrent, ne livre plus passage au liquide, qui s'échappe par l'entonnoir avec les matières excrémentitielles. On n'a pu découvrir de cils vibratiles à la surface des branchies chez les Céphalopodes ; le renouvellement de l'eau est sans doute suffisamment assuré par le mécanisme musculaire.

Telle est l'organisation qui représente, chez les Mollusques aquatiques, le plus haut degré de perfectionnement. On y parvient, dans les diverses séries que forme presque chaque classe de cet embranchement, par une suite de modifications très analogues d'un groupe à l'autre. Dans les espèces les plus inférieures, la peau sert à une respiration diffuse ; un peu plus haut, des appendices extérieurs saillants et nombreux commencent à localiser la respiration ; puis le manteau se montre et abrite, sous son repli cutané, de véritables branchies construites sur un plan organique qui varie assez peu dans tout ce type ; enfin une chambre branchiale bien délimitée, et dont les parois sont même contractiles dans les espèces les mieux douées, vient compléter cet appareil de respiration aquatique.

Nous avons laissé à part quelques Mollusques, à respiration aérienne, désignés sous le nom de *Gastéropodes pulmonés.* Leur organisation est modifiée d'une façon très remarquable pour effectuer avec un même appareil un mode différent de respiration. Les Colimaçons, les Cyclostomes, les Limnées, les Planorbes, les Ancyles, les Bulimes, les Agathines, les Limaces, etc., ont une chambre respiratoire placée comme celle des Gastéropodes pectinibranches, tels que les Buccins, les Paludines, etc. ; mais cette cavité ne renferme pas de branchie. La voûte de la chambre respiratoire est tapissée d'un réseau de nervures membraneuses très saillantes, qui ne sont autre chose que des vaisseaux sanguins de différents calibres anastomosés entre eux de la manière la plus complète. L'orifice de la cavité pneumatique est très rétréci chez les Gastéropodes pulmonés ; au lieu d'une large fente, on ne trouve au bord du manteau, sur le côté gauche et en arrière de la tête, qu'un orifice arrondi situé au-devant de l'anus et nommé *pneumostome.* La poche respiratoire de ces mollusques a été comparée à un *poumon,* et, sans vouloir discuter ici la valeur de cette assimilation, nous ferons seulement observer que cet organe n'est qu'une modification très simple de l'appareil branchial de beaucoup d'autres Gastéropodes. La branchie représente un système de canaux sanguins groupés en panache saillant ; ce système, devenu adhérent à la voûte de la chambre respiratoire et étalé sur elle, constitue évidemment ce qu'on a nommé le *poumon* chez les Gastéropodes à respiration aérienne. Ce prétendu poumon n'est pas un organe distinct, mais bien la poche respiratoire déjà décrite chez les Gastéropodes à branchies, et il suffit, pour s'en convaincre, de reconnaître que l'extrémité de l'intestin y est contenue et que l'anus y expulse les matières fécales. Quoi qu'il en soit des rapports de cette organisation avec celle des autres animaux aériens, il est incontestable qu'elle se prête à une respiration atmosphérique, et, en cela, elle

mérite de fixer l'attention d'autant plus que, si les Colimaçons, les Limaces vivent à terre, les Limnées, les Planorbes, les Ancyles, etc., habitent les eaux et viennent respirer à la surface. Toutefois, Troschel (1), Saint-Simon, Moquin-Tandon (2), ont constaté que ces pulmonés aquatiques, entièrement submergés sous l'eau, peuvent y vivre pendant plusieurs jours. On peut donc penser que le poumon de ces animaux, organisé pour respirer l'air atmosphérique dans des conditions d'humidité extrême, se prête aussi à respirer, dans certains cas, l'oxygène dissous dans l'eau. Quoy et Gaimard (3) ont d'ailleurs signalé, dans un groupe de Gastéropodes (le genre Ampullaire), une véritable organisation amphibie, c'est-à-dire l'existence simultanée d'une paire de branchies avec une poche pulmonaire annexée à la chambre branchiale. Il semble, par conséquent, que, chez les Mollusques, il n'y a pas d'organe respiratoire essentiellement destiné à l'air en nature, mais qu'il existe seulement, dans quelques genres, une adaptation de l'appareil branchial à une respiration atmosphérique, une sorte d'ébauche de la respiration aérienne proprement dite.

3° — Un nouveau type va nous occuper, qui nous montrera un perfectionnement plus notable des organes de la respiration, nous voulons parler des ANIMAUX ANNELÉS. Ce type, si riche en espèces, si varié dans ses représentants, renferme toute une série d'animaux exclusivement aériens, en même temps qu'un nombre considérable d'animaux aquatiques. En outre, dans la plupart des Annelés, la peau ne conserve pas cette consistance et cette finesse qui, chez les Mollusques, l'approprient si bien à l'exercice des fonctions respiratoires. Dans le nouveau type dont il s'agit, les téguments servent habituellement à compléter l'appareil locomoteur; il en résulte que, excepté dans certains groupes inférieurs, leur tissu devient épais, coriace, et se recouvre même souvent d'un épiderme corné ou calcaire, qui forme un squelette articulé extérieurement, comme cela se voit chez les Insectes, les Araignées, les Homards, les Langoustes, etc. Cette tendance générale de l'organisation du type des Annelés a pour conséquence de restreindre à un assez petit nombre d'espèces la respiration cutanée diffuse, de nécessiter la localisation de la fonction respiratoire dans des parties souvent assez différentes d'un groupe à un autre, et, par conséquent, d'introduire des modifications nombreuses dans l'appareil dévolu à cette fonction. En même temps, il faut dire que les Animaux annelés atteignent une bien plus grande perfection organique que les Mollusques; de telle sorte que, dans les espèces supérieures aériennes ou aquatiques, l'appareil pneumatique revêt des formes bien arrêtées et nous offre des conditions toutes spéciales. Enfin un dernier trait qui recommande l'étude de ce type à l'attention, c'est que la respiration s'y opère à l'aide d'instruments qui, même à leur plus haut point de perfection, ne se laissent pas comparer à ceux des Animaux vertébrés et appartiennent bien à un type organique différent.

Dans le sous-embranchement des *Vers*, les habitudes aquatiques prédominent, et, avec elles, ces formes peu perfectionnées de l'organisation que nous avons appris à connaître dans les derniers échelons du règne animal. La classe des *Systolides* ou *Rotateurs* comprend des Annelés microscopiques dont l'organisme ne peut être

(1) *De Limnaceis seu Gasteropodis pulmonatis quæ nostris in aquis vivunt*. Berlin, 1834.
(2) *Journal de conchyliologie*, 1852, t. III, p. 124 et 126.
(3) *Voyage de l'Astrolabe*, Zool., t. III, p. 164, pl. 57, fig. 6.

étudié que par transparence ; on y admet assez généralement une respiration cutanée, mais non pas entièrement diffuse. Milne Edwards (1) regarde les organes rotateurs comme particulièrement propres à cette fonction à cause de la délicatesse de leur tissu et des cils vibratiles dont les mouvements déterminent de nombreux courants d'eau à leur surface. Quelques observateurs, et entre autres Dujardin (2), ont au contraire attribué la fonction respiratoire à deux tubes membraneux, internes, qui, chez les Rotateurs, se trouvent sur les côtés du corps. Ces tubes, pourvus en certains points de cils vibratiles, reçoivent l'eau du dehors par une voie qu'il est assez difficile de bien distinguer ; mais ni Ehrenberg (3), ni Milne Edwards (4), ne les considèrent comme des organes de respiration.

C'est encore à la peau qu'on attribue la respiration, chez les *Vers intestinaux* proprement dits, chez les *Planaires* et chez les *Némertes*. Toute l'étendue de leurs téguments semble également propre à cette fonction ; des cils vibratiles en couvrent abondamment la surface, et partout le tissu se montre très perméable à l'eau. La respiration des vers intestinaux soulève d'ailleurs une question physiologique fort curieuse, sur laquelle, malheureusement, on ne possède point de données satisfaisantes. On se demande en effet, avec quelque surprise, comment peuvent respirer tant d'espèces d'Helminthes qui vivent dans la profondeur des tissus animaux, et souvent dans des organes qui, comme le cerveau, sont privés de tout contact avec l'air atmosphérique ; d'où provient, pour eux, l'oxygène nécessaire à la nutrition ; quelle est leur puissance de respiration dans ces profondeurs de l'organisme, etc. A ces questions on ne peut répondre que par des hypothèses.

Les *Annélides* nous offrent le type le plus perfectionné de l'organisation des vers : la respiration y est assez communément localisée, et elle s'opère par des branchies dans la plupart des espèces. On doit à de Quatrefages (5) de nombreux travaux et des connaissances beaucoup plus précises qu'autrefois sur l'organisation des Annélides. D'après ce savant observateur, dont Williams (6) a confirmé les idées, il y a lieu de distinguer, chez les Annélides, deux modes de respiration, comme on y distingue aussi deux fluides nourriciers : le sang proprement dit, coloré habituellement en rouge, qui est contenu dans un appareil vasculaire compliqué ; puis un autre liquide, comparable à la sérosité lymphatique, qui remplit la cavité générale du corps et y baigne tous les organes. De Quatrefages pense que, suivant le mode d'organisation des espèces, l'oxygène est absorbé directement par le sang lui-même ou par cette espèce de lymphe. Dans ce dernier cas, la respiration serait médiate, en ce sens que la lymphe, enrichie d'oxygène par la respiration, irait, en baignant les vaisseaux sanguins, leur porter ce principe vivifiant et accomplir l'hématose. C'est ainsi que s'effectue la respiration cutanée des Naïs, ou la respiration branchiale des Branchellions, des Phyllodocés, des Serpules, etc. Le milieu respirable ne trouve, sous les téguments perméables à l'oxygène, que le liquide lymphatique et non le sang même de l'animal. De Quatrefages s'est d'ailleurs assuré, d'une manière directe, que ce fluide lymphatique absorbe réellement de l'oxygène (7). Dans les cas précédents, il a donc admis une respiration médiate, et il a désigné, sous le

(1) *Leçons sur la physiol. et l'anat. comp.*, t. II, 1re partie, p. 97.
(2) *Histoire des Infusoires*, p. 590.
(3) *Organisation der Infusionsthierchen*, p. 51. Berlin, 1830.
(4) *Loc. cit.*
(5) *Ann. des sc. nat.*, 3e série, t. X, XII, XIV et XVIII.
(6) *Report of the 25th. Meeting of the Brit. Assoc. for the Advanc. of Sciences.*
(7) *Ann. des sc. nat.*, 3e série, t. XIV, p. 310.

nom de *branchies lymphatiques*, les organes respiratoires que ne pénètre pas le sang lui-même. Cette organisation exceptionnelle n'existe plus chez les Sangsues, les Hermelles, les Eunices, les Arénicoles, les Térébelles, etc. Les premières ont pour appareil respiratoire un réseau vasculaire cutané qui s'observe dans toute l'étendue du tégument externe ; les autres ont des branchies diversement disposées et dans lesquelles on voit circuler un sang vivement coloré : ce sont les *branchies* dites *sanguines.* Quelle que soit d'ailleurs leur structure, les branchies des Annélides sont, en général, des organes saillants, de forme arborescente, d'un aspect souvent très remarquable. On les trouve, chez les Annélides dorsibranches, au voisinage des appendices locomoteurs de chaque anneau ; chez les Tubicoles, elles sont groupées vers la bouche et y forment des sortes de panaches d'une grande élégance.

Un des caractères les plus constants des animaux que l'on rapporte au sous-embranchement des *Annelés articulés* se tire de la consistance cornée ou cornéo-calcaire de la peau ; il est donc difficile d'admettre que, dans cette grande division, la respiration cutanée puisse exister chez beaucoup d'espèces. On ne l'observe, en effet, que d'une manière tout à fait exceptionnelle chez quelques Crustacés inférieurs (Phyllosomes) dont la peau molle et diaphane rappelle les tissus gélatineux des Zoophytes acalèphes, ou dans d'autres espèces (Lernées, Caliges, etc.), dont les téguments, endurcis sur un petit nombre de points, offrent la disposition membraneuse sur une assez grande partie de leur surface. D'une manière générale, on peut donc dire que, chez les Annelés articulés, la respiration est localisée : les *Crustacés* et les *Cirrhopodes*, qui vivent pour la plupart plongés dans l'eau, possèdent des *branchies ;* les classes supérieures de ce sous-embranchement (*Arachnides*, *Myriapodes*, *Insectes*), ont une respiration aérienne et l'exécutent par des organes spéciaux nommés, suivant leur disposition, *poches pulmonaires* ou *trachées.*

Les branchies des *Cirrhopodes* sont d'une organisation tout à fait élémentaire et se voient sous la forme de feuillets membraneux (1), coniques, annexés à la base des membres articulés, et appliqués le long de la face dorsale du corps. Ces organes paraissent d'ailleurs présenter, d'une espèce à une autre, de grandes modifications dans leurs formes (2).

La grande classe des *Crustacés* offre, dans la disposition de l'appareil branchial, des combinaisons très variées qui ont été étudiées et décrites par de nombreux observateurs, parmi lesquels on doit surtout citer Milne Edwards, et, après lui, Duvernoy, Joly, Lereboullet, Brandt et Ratzeburg. Dans les groupes inférieurs de la classe, les branchies sont constituées par certains appendices locomoteurs adaptés plus ou moins complétement aux fonctions respiratoires. On observe cette organisation chez les *Crustacés branchiopodes* (Apus, Limnadies, Branchipes), *Isopodes* (Cymothoés, Idotées, Cloportes), *Xiphosures* (Limules), et *Amphipodes* (Talitres, Chevrettes, Leucothoés). Chez les *Branchiopodes*, les pattes qui servent à soutenir l'animal sur l'eau sont élargies, membraneuses sur une grande partie de leur étendue, et constituent des *pattes branchiales* propres à la fois à la respiration et à la locomotion. C'est surtout la face interne de ces appendices locomoteurs qui est organisée pour respirer. Les pattes des *Isopodes* sont déjà plus exactement affec-

(1) G. Cuvier, *Mém. sur les Anatifes et sur les Balanes*, dans *Mém. du Muséum*, t. II, 1815.
(2) Voyez Burmeister, *Beiträge zur Naturgesch. der Rankenfüsser* (*Cirripedia*). Berlin, 1834.

tées à un usage physiologique spécial. Les cinq dernières paires sont converties en des lames molles et flexibles, sorte de sacs foliacés où abonde le sang de l'animal, mais qui ne peuvent plus servir à la locomotion ; c'est au contraire à cette fonction que sont uniquement propres les paires antérieures, dont les tissus épaissis et rigides se prêtent à des mouvements précis et même à des habitudes de locomotion terrestre. Il existe en effet tout un groupe d'Isopodes, les Cloportides, qui vivent plongés dans l'atmosphère. Leur appareil respiratoire n'en est pas moins semblable à celui des autres Isopodes; Duvernoy et Lereboullet (1) ont décrit avec soin la disposition particulière des branchies des *Cloportes*, qui retient sur l'appareil respiratoire une couche de liquide et donne à ces Crustacés aériens une véritable respiration aquatique. Les Porcellions, les Armadilles et les Tylos montrent dans ces lames branchiales une modification de structure qui permet à l'air de s'y introduire et convertit l'appareil en une sorte de sac pulmonaire (2).

Les *Crustacés xiphosures* présentent la même organisation que les Isopodes; mais l'appareil respiratoire, formé aux dépens des dernières paires de pattes, y est plus perfectionné (3). Chez les *Amphipodes*, les branchies sont empruntées aux paires de pattes antérieures et placées sous le thorax. Cette disposition organique nous conduit vers les groupes supérieurs de la classe.

Les *Crustacés stomapodes* et *décapodes* ont des branchies spéciales, annexées, il est vrai, aux organes locomoteurs, mais bien distinctes et munies d'appareils de protection souvent très compliqués. Les *Stomapodes* portent leurs branchies sous l'abdomen, à la base de cinq paires de pattes natatoires attachées aux cinq premiers anneaux abdominaux; les mouvements mêmes de la locomotion servent à renouveler le fluide respirable sur ces organes qui, chez les *Squilles*, pendent en panaches frangés à la face ventrale du corps.

Enfin, chez les *Crustacés décapodes*, le plus élevé et le plus nombreux des ordres de cette classe, les branchies sont attachées au thorax et annexées aux cinq paires de pattes locomotrices dont la présence caractérise ce grand groupe. Nées à la base et vers la face supérieure de chacune de ces pattes, les branchies forment des espèces de panaches pyramidaux, couchés le long des flancs et remontant vers la face dorsale. Leur nombre varie : on en compte, chez le Homard, jusqu'à vingt paires, tandis que les *Décapodes brachyures* n'en ont habituellement que neuf, dont deux rudimentaires. Cet appareil respiratoire des Décapodes est protégé par un repli des téguments du dos qui descend, de chaque côté, le long des flancs pour recouvrir les branchies jusqu'à leur base et constituer ce qu'on nomme la *carapace*. Ce repli limite, pour toutes les branchies d'un même côté, une chambre respiratoire où l'eau pénètre par une fente inspiratrice ménagée entre la base des pattes et le bord de la carapace, et d'où elle sort par un orifice expirateur placé au devant de la bouche, de chaque côté de la ligne médiane. Un appendice d'une des paires de mâchoires, engagé dans le canal par lequel l'eau est expulsée, sert par ses mouvements à entretenir un courant continu dans la chambre branchiale. Milne Edwards (4) a fait connaître, dans ses moindres détails, l'appareil branchial des Décapodes et en a interprété très heureusement le mécanisme dans les divers groupes de cet ordre.

(1) *Ann. des sc. nat.*, 2e série, t. XV, p. 177.
(2) LEREBOULLET, *Mém. de la Soc. d'hist. nat. de Strasbourg*. 1853.
(3) DUVERNOY, *Ann. des sc. nat.*, 2e série, t. XV, p. 10.
(4) *Ann. des sc. nat.*, 2e série, t. XI, p. 129. — *Hist. nat. des Crustacés*, t. II, p. 498, 500 et 506. — *Leçons sur la physiol. et l'anat. comp.*, t. II, 1re part., p. 128.

Les trois classes supérieures des Animaux annelés comprennent des espèces aériennes, dont l'appareil respiratoire est en général assez perfectionné pour offrir des formes beaucoup plus arrêtées et plus constantes que cela n'a lieu dans les groupes d'animaux aquatiques. Les *Arachnides* respirent l'air atmosphérique soit par des *poches pulmonaires* ou *poumons* (Araignées, Scorpions), soit par des *trachées* (Faucheurs, Galéodes, Acariens). Les poches pulmonaires sont placées par paires à la partie inférieure des premiers anneaux de l'abdomen, et chacune reçoit l'air du dehors par un orifice analogue à celui des trachées chez les Insectes, orifice qui porte aussi le nom de *stigmate*. Chaque poche pulmonaire consiste en une sorte de vestibule placé sous le stigmate et communiquant par de petits trous avec des vésicules membraneuses qui plongent dans la cavité abdominale et y vont porter l'air pour le mettre en contact médiat avec le fluide nourricier remplissant la cavité générale du corps. Chez quelques Araignées, on trouve à la fois des poumons à vésicules aérifères multiples et des tubes analogues aux trachées, dont ils semblent indiquer une première ébauche (1). Quant aux trachées des Acariens et des autres Arachnides dites trachéennes, elles ont la même structure que nous observerons bientôt chez les Insectes. Les Acariens les plus imparfaits ne montrent plus ni stigmates, ni trachées, et l'on est conduit à admettre que dans ces espèces inférieures la respiration est cutanée.

Les *Myriapodes* et les *Insectes* respirent uniformément par cet appareil de tubes aérifères que nous avons précédemment indiqué sous le nom de *trachées*. Des stigmates, en nombre variable, disposés par paires, et particulièrement ouverts sur les anneaux de la partie abdominale du corps, introduisent l'air dans un système de vaisseaux intérieurs, ramifiés dans toutes les parties du corps et reliés entre eux par de gros troncs. La structure des stigmates est variée, et il serait trop long de donner ici même une idée des principales dispositions qu'ils affectent ; mais le but physiologique de ces complications est toujours de fournir à l'animal des moyens plus ou moins efficaces d'ouvrir et de fermer ces orifices respiratoires. Les trachées sont des tubes cylindroïdes formés de deux couches membraneuses entre lesquelles est placée une tige de matière épidermique enroulée en une spire serrée et très régulière. L'étude microscopique des trachées conduit à les considérer comme des prolongements de la peau rentrés dans le corps et prodigieusement développés dans le but tout spécial de servir à la respiration (2). Cet appareil comprend de nombreux détails et des variations considérables d'une espèce à une autre. Si nous ne pouvons les passer en revue, il convient du moins d'indiquer une modification assez remarquable que présente fréquemment l'appareil trachéal : chez beaucoup d'insectes parfaits, et particulièrement chez ceux dont le vol a une certaine puissance, les trachées ne sont pas tubulaires dans toute leur continuité, elles présentent sur quelques points des dilatations vésiculaires qui sont de véritables poches aériennes. Ces dilatations semblent résulter de la destruction du fil spiral par les progrès du développement et de l'expansion des parois membraneuses sous la pression de l'air, lorsque l'insecte sort de sa chrysalide (3).

Si l'on se reporte au mode de distribution du sang chez les animaux qui offrent la respiration trachéenne, il est facile de se rendre compte en partie du méca-

(1) Blanchard, *Organ. du Règne anim.*, Arachnides, pl. 9.
(2) Milne Edwards, *Leçons sur la physiol. et l'anat. comp.*, t. II, 1re partie, p. 164.
(3) Newport, *Philos. Trans.*, 1836, p. 533.

nisme de cette fonction. On sait, en effet, que chez les Arachnides, les Myriapodes, les Insectes, le sang est épanché, pendant une portion de son trajet, dans la cavité générale du corps, et que des courants déterminés l'y transportent d'avant en arrière vers les orifices d'entrée du vaisseau dorsal. Dans ce mouvement de transport, le sang baigne les tubes trachéens et se trouve en présence de l'air, sauf l'interposition de leur paroi membraneuse ; c'est donc à travers cette membrane perméable que doit avoir lieu l'échange respiratoire. Le mécanisme même de l'introduction de l'air et de son expulsion est visible chez les Articulés à respiration aérienne : la portion abdominale du corps est le siége de mouvements réguliers d'expansion et de constriction qui, comme les mouvements de la poitrine chez les Mammifères, déterminent alternativement une inspiration et une expiration.

On observe, chez certaines larves d'Insectes, des organes de respiration aquatique dont il nous faut dire aussi quelques mots. Les larves des Éphémères portent, à la face dorsale du corps, une double série de lames membraneuses qui, flottant librement dans l'eau, sont parcourues intérieurement par des ramifications trachéennes et constituent des branchies d'une espèce toute spéciale, absorbant l'air dissous dans l'eau pour le distribuer aux organes sous sa forme gazeuse. D'autres larves, comme celles des Libellules, ont un appareil de houppes branchiales qui, placé dans la dernière portion de l'intestin, reçoit et expulse périodiquement une grande quantité d'eau. Les Insectes, à l'état parfait, ne possèdent ordinairement aucun organe de respiration aquatique.

4° — Le type des ANIMAUX VERTÉBRÉS se distingue par une perfection organique qui facilite singulièrement les descriptions et les études générales. Deux sortes d'organes servent à la respiration : des *branchies*, d'une structure spéciale, chez les Vertébrés aquatiques ; et, chez les Vertébrés aériens, des *poumons* ou organes aériens particuliers à ce type supérieur.

Les branchies des *Poissons* n'offrent pas exactement la même disposition dans tous les groupes de cette classe. Chez les plus inférieurs en organisation (Amphioxus, Myxine), l'appareil branchial est placé dans la bouche ou se prolonge même dans le pharynx (1) ; mais, bien qu'emprunté aux parties qui d'ordinaire constituent exclusivement les voies digestives, cet appareil est parfaitement distinct et doit être considéré comme localisant la respiration. Dans presque tous les Poissons, les branchies sont attachées à l'appareil hyoïdien développé pour cet usage, et elles sont placées de chaque côté du cou sous un système organique protecteur qui constitue une chambre branchiale : celle-ci, ouverte en avant dans la bouche, offre en arrière une fente extérieure qu'on désigne sous le nom d'*ouïe*.

Dans les *Poissons osseux*, l'appareil branchial est très nettement défini : les branchies sont situées sur les ramifications de l'artère unique née de la portion ventriculaire du cœur. Chaque branchie est formée d'une lame large à sa base qui repose sur l'hyoïde et amincie vers son sommet qui représente le bord libre. Cette lame est elle-même constituée par une série de lamelles transversales, de forme triangulaire, qui ont été comparées aux dents d'un peigne. Une fine membrane muqueuse recouvre tout cet appareil, à la base duquel rampent deux vaisseaux sanguins que

(1) COSTA, *Cenni Zoologici*, etc. Naples, 1834. — J. MÜLLER, *Ueber den Bau und die Lebenserscheinungen des* Branchiostoma lubricum. Berlin, 1844. — DE QUATREFAGES, *Ann. des sc. nat.*, 1845, 3e série, t. IV, p. 197.

le fluide nourricier parcourt en sens inverse : ce sont, d'une part, le tronc émané de l'artère branchiale, qui apporte le sang noir ; et d'autre part, le vaisseau qu'on peut nommer veine branchiale, qui sert de racine à l'aorte et qui rapporte le sang rouge vivifié par la respiration. Chacun de ces troncs vasculaires passe à un des angles de la base de chaque lamelle triangulaire, et le tronc artériel fournit à cette lamelle une branche qui y distribue le sang noir dans un réseau capillaire, d'où une branche veineuse le ramène dans le tronc à sang rouge. La respiration aquatique s'effectue donc à la surface de ces lamelles vasculaires, dont une double série constitue un feuillet branchial. Chaque série contient un grand nombre de ces lamelles, souvent plus de cent, et un feuillet branchial en comprend ordinairement deux séries.

Quant au nombre des feuillets branchiaux, il est habituellement de quatre de chaque côté. Ces feuillets sont soutenus, comme il a été dit plus haut, par un appareil osseux qu'on s'accorde à regarder comme analogue à l'os hyoïde des vertébrés aériens, et qui fournit à chaque feuillet branchial un arc solide remontant de la ligne médiane ventrale vers la base du crâne, où il vient se fixer par des ligaments. L'ensemble de l'appareil hyoïdien se compose, en effet, d'une tige médiane placée à la base de la langue, suivant la ligne médiane du cou ; les arcs branchiaux naissent de cette portion moyenne, puis contournent à droite et à gauche le fond de l'arrière-bouche. Chacun d'eux est composé de deux pièces articulées de telle façon que cette cage respiratoire pharyngienne peut facilement s'agrandir ou se resserrer de haut en bas. Entre chaque paire d'arcs branchiaux est ménagée une fente qui permet à l'eau entrée dans la bouche de couler entre les feuillets des branchies, lorsque le poisson dilate son appareil hyoïdien. Enfin, tout l'appareil respiratoire, logé de chaque côté du cou dans un enfoncement que limite en arrière la ceinture de l'épaule, est recouvert par une plaque osseuse nommée l'*opercule*. Cette plaque, formée de plusieurs pièces osseuses, se fixe sur les côtés du crâne, auprès de l'articulation de la mâchoire inférieure, et se meut de dedans en dehors pour ouvrir ou fermer l'orifice de l'ouïe. Ce mode d'occlusion de la chambre branchiale est complété par les *rayons branchiostéges* (1).

Le mécanisme de la respiration aquatique des Poissons est d'ailleurs assez simple : l'animal ouvre la bouche, et, en même temps, par suite de la structure même de l'appareil pharyngien et operculaire, les rayons branchiaux se resserrent, puis l'opercule s'applique sur les branchies. La bouche, ainsi fermée à sa partie profonde, s'emplit d'eau, et le poisson rapproche ses mâchoires, tandis qu'aussitôt les rayons branchiaux s'écartent, l'opercule se soulève et l'eau glisse entre les feuillets des branchies pour s'écouler par les ouïes.

La structure de l'appareil branchial offre, dans ses détails, des variations nombreuses qu'il serait trop long de décrire ici ; mais il faut au moins signaler la modification que présentent à cet égard les *Poissons cartilagineux*. Chez les Cyclostomes et les Sélaciens, les branchies ne sont plus libres par leur bord externe, comme nous l'avons vu précédemment ; fixés par le bord interne aux rayons branchiaux, les feuillets branchiaux le sont aussi par l'autre bord et chacun d'eux devient une cloison, de manière que la chambre branchiale est partagée en une série de compartiments. Il n'y a plus d'opercule avec une seule ouverture pour l'expiration de l'eau, et chaque compartiment branchial s'ouvre au dehors par une fente distincte. Au lieu d'avoir une ouïe de chaque côté du cou, ces poissons portent

(1) DUVERNOY, *Anatomie comparée* de CUVIER, 2e édition, t. VII, p. 240.

un certain nombre de fentes parallèles, comme on peut le voir chez les Raies ou les Squales.

Si les Poissons nous présentent seuls, parmi les vertébrés, l'exemple d'une respiration essentiellement aquatique, ils ne sont pourtant pas les seuls qui possèdent des branchies. Le petit groupe des *Batraciens* de Cuvier, qui généralement est considéré aujourd'hui comme formant une classe distincte sous le nom de *Vertébrés amphibies*, renferme aussi des animaux qui, dans leur jeune âge et parfois à l'état adulte, ont une respiration branchiale. Le fait est que ces animaux offrent, au moment de leur naissance, une respiration semblable à celle des Poissons, et qu'ils ne possèdent alors aucun organe qu'on puisse assimiler à des poumons. Les branchies des *Amphibies* disparaissent avec les progrès de l'âge chez les Amphibies anoures (Grenouilles, Crapauds) et les Urodèles (Salamandres, Tritons); mais dans la famille des Batraciens pérennibranches (Protées, Axolotls, Sirènes, Ménobranches, Amphiumas, etc.), elles persistent pendant toute la durée de la vie. Chez tous néanmoins les poumons se sont développés à l'époque des métamorphoses ; de sorte que les Pérennibranches sont de véritables *amphibies* dans le sens rigoureux du mot. Ils possèdent à la fois un appareil propre à respirer l'air dissous dans les eaux, et des organes destinés à respirer directement l'air atmosphérique. Il est nécessaire d'ajouter que ces animaux à double respiration ne se servent pourtant pas indifféremment de l'un ou de l'autre appareil ; à l'âge adulte, leurs branchies étant le plus souvent insuffisantes, ils ont d'ordinaire recours à leurs poumons.

Les trois classes supérieures du type des Vertébrés comprennent des espèces animales qui présentent une respiration essentiellement aérienne. Dans l'œuf, ces vertébrés sont réputés respirer à l'aide de parties organiques sur la détermination desquelles on n'est pas tout à fait d'accord ; une fois qu'ils ont vu le jour, ils respirent l'air atmosphérique par des *poumons*.

Ces organes, qui offrent bien certaines différences d'une classe à une autre, mais dont les dispositions essentielles sont toujours les mêmes, consistent en des sacs celluleux ou vésiculaires, qui sont logés dans la portion thoracique de la cavité générale du tronc. Ils sont au nombre de deux, placés à droite et à gauche du plan médian ; un canal, qui s'ouvre dans l'arrière-bouche, les fait communiquer avec l'air atmosphérique et assure l'accès facile de cet indispensable fluide. Le sang noir est amené par les rameaux d'une artère spéciale (artère pulmonaire) dans le réseau capillaire qui parcourt les parois des cellules pulmonaires; celles-ci étant remplies d'air, l'échange de l'oxygène et de l'acide carbonique a lieu à travers les membranes très minces qui séparent l'air du sang, et ce liquide, devenu rouge-vermeil et propre à la nutrition, retourne au cœur par des troncs veineux particuliers (veines pulmonaires) qui le versent dans l'oreillette gauche de cet organe.

Déjà les *Amphibies*, à l'âge adulte, offrent une première forme de cet appareil si perfectionné. Chez les Grenouilles, les Crapauds, les Salamandres et les Tritons, les poumons se montrent sous l'aspect de deux sacs membraneux, transparents et grossièrement divisés en cellules par des replis intérieurs. Ces deux sacs pulmonaires sont attachés près du pharynx, si bien que le canal aérien, très raccourci, est réduit à peu près uniquement à cette caisse cartilagineuse dans laquelle se forme la voix et qu'on nomme le *larynx*. Chez les *Reptiles* proprement dits, le nombre des cellules est déjà beaucoup plus considérable et chacune d'elles a un

capacité moindre ; mais les poumons sont encore d'une texture assez peu compliquée pour conserver leur aspect de sacs vésiculeux semi-transparents. Le canal aérien est mieux développé et maintenu dans son diamètre intérieur à l'aide d'anneaux cartilagineux qui, par leur assemblage, constituent la *trachée-artère*. Ce canal aérien, placé sur la ligne médiane, se bifurque au niveau de la partie antérieure des poumons, et donne naissance aux deux *bronches* dont chacune pénètre dans l'un de ces organes.

Les poumons des *Oiseaux* et des *Mammifères* sont encore beaucoup mieux organisés pour l'exercice de la fonction à laquelle ils se rapportent : leurs cellules, extrêmement fines, sont groupées à l'extrémité des ramuscules de chaque arbre bronchique, et leur ensemble forme, pour chaque poumon, une masse spongieuse que l'air pénètre dans toutes ses parties, et dont l'immense surface intérieure offre un champ des plus vastes à la respiration de ces animaux supérieurs. Chez les Oiseaux, s'observe une singulière disposition qu'il nous faut au moins indiquer dès maintenant : certains canaux bronchiques, au lieu de se ramifier dans le poumon lui-même, vont aboutir à la surface de l'organe dans de vastes cellules membraneuses qui sont logées entre les viscères ; ces canaux se prolongent en cellules plus petites même jusque dans les os. On est loin de s'accorder encore touchant le but de cette curieuse disposition sur laquelle nous aurons à revenir plus tard.

Les Mammifères ont un appareil pulmonaire qui, sauf des différences de détail, est conforme au plan général mentionné plus haut ; mais ils n'offrent rien qui rappelle les cellules extra-pulmonaires qui remplissent d'air le corps de l'Oiseau. La glotte des Mammifères est surmontée d'un appendice qui contribue à la fermer pendant la déglutition, c'est l'épiglotte ; les anneaux de leur trachée, incomplets en arrière, ne forment réellement que de simples arceaux.

Quant à l'introduction de l'air dans l'appareil pulmonaire des Vertébrés aériens, sans parler ici du besoin impérieux qui y préside, elle est toujours sollicitée par le jeu des parois de la cavité qui loge cet appareil. De même que, chez les Insectes, les mouvements alternatifs d'expansion et de constriction exécutés par les parois de l'abdomen appellent l'air extérieur dans les trachées ou bien l'en expulsent, de même, chez les Vertébrés supérieurs, les mouvements de la poitrine attirent ce fluide dans les voies pulmonaires ou le forcent à en sortir.

Le mécanisme de ces actes respiratoires sera étudié plus loin avec détail, et c'est seulement alors qu'il y aura lieu de faire connaître les curieuses modifications que parfois il présente dans certaines espèces.

PHÉNOMÈNES PHYSICO-CHIMIQUES DE LA RESPIRATION.

Les phénomènes essentiels de la respiration s'accomplissent par suite du contact médiat de l'air et du sang. Ces deux fluides réagissent l'un sur l'autre non-seulement dans des conditions spéciales et dépendantes de la vie, mais aussi en vertu d'une affinité réciproque et de propriétés dont la connaissance relève manifestement de la physique et de la chimie. Les changements introduits par l'acte respiratoire dans les qualités physiques et dans la composition de l'air et du sang sont habituellement désignés sous le nom de *phénomènes physico-chimiques* de la respiration ; et si l'étude de ces phénomènes excite au plus haut degré l'intérêt du physiologiste, c'est qu'en effet ils constituent la partie la plus importante de la fonction qui nous

occupe. Cette étude démontre que, envisagée dans son caractère essentiel, la respiration des animaux consiste en un simple échange de gaz qui s'opère durant l'action réciproque des fluides; que, d'une part, si la respiration enlève quelque chose au fluide sanguin, elle lui communique, d'autre part, un principe qui le rend apte à compléter les organes ou à réparer leurs pertes, tout en donnant lieu à un dégagement de chaleur indispensable au libre exercice des fonctions de la vie.

Mais, comme c'est surtout dans l'intimité même du tissu des organes respiratoires que se passent les précédents phénomènes, il en résulte l'impossibilité de les observer directement dans leurs différentes phases et la nécessité de recourir à des observations indirectes, qu'ultérieurement l'induction est appelée à compléter. Ainsi, une fois que l'on connaît les propriétés physiques et la composition normale des fluides mis en présence, l'air et le sang, il devient possible d'apprécier les changements opérés en eux par la respiration ; alors commence la théorie qui, appuyée sur ces données expérimentales, essaie d'expliquer les phénomènes accomplis dans l'hématose. Reste aussi à faire la part de l'observation exacte et celle du raisonnement, en ne perdant pas de vue que si chacun des faits bien observés est une conquête définitive acquise à la science, leur interprétation est essentiellement variable et représente la partie perfectible de nos connaissances.

Milieux respirables, constitution de l'air atmosphérique, influence des variations de pression de l'air sur la respiration; puis composition du sang, altération de l'air expiré, action de la respiration sur le sang, et enfin examen de diverses théories sur l'hématose, tels sont les points intéressants qui vont nous arrêter, avant de passer à l'étude des *phénomènes mécaniques* de la respiration.

I. — Le seul fluide capable d'entretenir le travail chimique de la respiration, d'une manière durable, est l'*air* libre ou bien dissous dans l'eau. Des deux gaz dont l'air se compose, l'oxygène est celui qui exerce sur l'économie une influence réellement active et vivifiante; l'azote ne semble intervenir qu'afin de raréfier l'oxygène, de tempérer son action et de prévenir une oxydation trop rapide des composés organiques. Avant de procéder à l'étude de l'air atmosphérique, en ce qui concerne spécialement la respiration des animaux, nous signalerons d'une manière rapide, à ce même point de vue, plusieurs gaz autres que cet important fluide.

Parmi les gaz dont nous voulons parler, il en est qui sont capables d'entretenir la respiration pendant un certain temps avant de déterminer des troubles bien notables; d'autres, sans avoir aucune action délétère sur l'organisme, sont pourtant tout à fait impropres à l'accomplissement de cette fonction; d'autres enfin ne sont pas seulement irrespirables, ils déterminent par leur inhalation un véritable empoisonnement et la mort.

L'*oxygène*, pur de tout mélange, appartient à la première catégorie. Divers auteurs admettent que son inhalation produit, dans les phénomènes essentiels de la vie, une accélération beaucoup trop intense, que d'ailleurs l'inflammation du tissu pulmonaire ne tarde pas à survenir, et que la mort en est la conséquence nécessaire et plus ou moins rapide. A la vérité, les expériences faites à ce sujet ne sont pas très nombreuses, et toutes ne tendent point à confirmer entièrement une pareille opinion : Allen et Pepys (1), par exemple, ont soumis l'organisme

(1) *On the Changes produced in Atmosph. Air and Oxygen Gas by Respiration*, dans *Philos. Trans.*, 1808, p. 249.

humain à l'inhalation prolongée de l'oxygène pur, sans qu'aucun accident se soit manifesté. Déjà, lors de la découverte de l'oxygène, qu'il nommait *air déphlogistiqué*, Priestley, ayant reconnu que deux souris avaient respiré ce gaz pendant une demi-heure ou trois quarts d'heure sans avoir paru en souffrir, s'était soumis à son tour à une expérience du même genre. Voici en quels termes il relate cette expérience, qui, du reste, ne semble pas lui avoir inspiré le soupçon que le gaz oxygène pût avoir la moindre influence fâcheuse : « J'ai satisfait ma curiosité en le respirant avec un siphon de verre, et, par ce moyen, j'en ai réduit une grande jarre pleine à l'état d'air commun. La sensation qu'éprouvèrent mes poumons ne fut pas différente de celle que cause l'air commun; mais il me sembla ensuite que ma poitrine se trouvait singulièrement dégagée et à l'aise pendant quelque temps. Qui peut assurer que, dans la suite, cet *air pur* ne deviendra pas un objet de luxe fort à la mode? Il n'y a eu jusqu'ici que deux souris et moi qui ayons eu le privilége de le respirer (1). »

Depuis l'expérience de Priestley sur ses deux souris, quelques autres animaux ont été également soumis à l'inspiration de l'oxygène pur : Lavoisier et Séguin firent séjourner des cabiais, pendant vingt-quatre heures, dans une atmosphère de ce gaz, sans constater, chez ces animaux, aucun signe de souffrance pendant ou après l'expérience; Allen et Pepys (2), dans une expérience analogue faite sur un pigeon, n'observèrent qu'une légère agitation vers la fin, encore cette agitation disparut-elle assez promptement quand l'animal fut remis dans les conditions normales, etc.

Mais, parce que l'oxygène pur est sans contredit le plus respirable de tous les gaz autres que l'air atmosphérique, et qu'en effet son inhalation, dans les limites de durée que peut avoir une expérience, ne provoque aucun accident appréciable, cela ne veut pas dire qu'on pourrait sans inconvénient le respirer d'une manière continue au lieu de l'air lui-même. Il est généralement admis que si l'oxygène se trouve mêlé, dans notre atmosphère, à quatre fois son volume d'azote ou à un gaz presque complétement inerte, c'est qu'il fallait que les propriétés de l'oxygène, trop actives pour la respiration, fussent tempérées par un pareil mélange.

Rappelons, en passant, que l'emploi de l'oxygène pur dans le traitement de la phthisie pulmonaire, en particulier, n'a paru ordinairement produire aucun résultat favorable, et que même parfois il a occasionné une exacerbation des symptômes de cette maladie.

Le *gaz protoxyde d'azote* permet, durant quelques instants, l'entretien de la respiration; mais il ne tarde pas à faire naître des accidents graves, qui peuvent se terminer par la mort si l'on ne suspend son introduction dans les voies aériennes. Les effets de ce gaz sur l'économie ont été étudiés, au commencement de ce siècle, par H. Davy, qui se soumit le premier à son inhalation : « Après avoir expiré l'air de mes poumons, dit-il en rapportant cette expérience devenue célèbre, et m'être bouché les narines, je respirai environ quatre litres de gaz oxyde nitreux (protoxyde d'azote) : les premiers sentiments que j'éprouvai furent ceux du vertige et du tournoiement; mais en moins d'une demi-minute, continuant toujours de respirer, ils diminuèrent par degrés et furent remplacés par des sensations ana-

(1) PRIESTLEY, *Expér. et obs. sur différentes espèces d'air*, traduct. de Gibelin. Paris, 1777, t. II, 3ᵉ partie, p. 126.

(2) *Loc. cit.*

logues à une douce pression sur tous les muscles, accompagnée de frémissements très agréables, particulièrement dans la poitrine et les extrémités ; les objets autour de moi devenaient éblouissants et mon ouïe plus subtile. Vers les dernières inspirations, l'agitation augmenta, la faculté du pouvoir musculaire devint plus grande et il acquit à la fin une propension irrésistible au mouvement. Je ne me souviens qu'indistinctement de ce qui suivit ; je sais seulement que mes mouvements furent variés et violents. Ces effets cessèrent dès que j'eus discontinué de respirer ce gaz, et dans dix minutes je me retrouvai dans mon état naturel. La sensation de frémissement dans les extrémités se prolongea plus longtemps que les autres sensations (1). » Cette expérience fut répétée plusieurs fois avec les mêmes résultats. H. Davy expérimenta aussi sur les animaux.

Thenard, tout en rapportant les faits observés par H. Davy et en ajoutant qu'à leur tour Tennant et Underwood constatèrent aussi les mêmes effets, déclare néanmoins que ceux à qui il a vu respirer le protoxyde d'azote s'en sont mal trouvés, et il cite Vauquelin, deux jeunes gens chargés de préparer ses leçons et lui-même. Dès les premières inspirations, Vauquelin tomba en défaillance, le pouls agité, les oreilles obsédées d'un bourdonnement intense, les yeux hagards et roulant dans leurs orbites ; il souffrait beaucoup, il avait perdu la voix, ses traits étaient décomposés : il resta environ deux minutes dans cet état. Des effets analogues se manifestèrent chez les deux préparateurs et chez Thenard. Davy, à qui furent communiqués ces résultats peu d'accord avec ses propres expériences, pensa que la quantité de gaz inspiré avait été trop faible (2). L'Italien Cardone, en se soumettant à diverses expériences sur l'inhalation du protoxyde d'azote, en éprouva des effets très variables (3). Plus récemment, P. Zimmermann (4) a institué de nouvelles expériences sur l'homme et les animaux concernant l'influence du protoxyde d'azote comme gaz respirable. Ayant respiré lui-même ce gaz, il sentit d'abord une saveur sucrée, et sa poitrine, se dilatant largement, sembla se remplir d'une douce chaleur. Après huit ou dix inspirations, les mouvements de la poitrine s'accélérèrent, le pouls devint précipité et irrégulier. Les yeux étaient brillants, l'ouïe très fine ; puis survinrent des engourdissements dans les membres, et en même temps une gaieté singulière et un rire continuel. — Zimmermann put plonger, sans le faire périr, un même lapin deux fois dans le protoxyde d'azote : la première fois l'animal y séjourna vingt minutes et fut retiré au moment où l'asphyxie se manifestait d'une manière évidente ; la seconde, il resta dans le gaz pendant trois heures vingt minutes, sans y périr, mais en éprouvant les mêmes accidents d'asphyxie. Les deux fois, il revint sans peine à la vie. Deux pigeons furent plongés, l'un pendant une heure trois quarts, et l'autre pendant deux heures dans le même gaz, et ils purent être rappelés à l'état normal. Trois lapins d'âges divers succombèrent au bout de deux heures quinze, deux heures trente et deux heures quarante-cinq minutes. Les accidents observés chez ces animaux furent surtout une vive anxiété, une résolution musculaire simulant la paralysie, l'accélération des mouvements respiratoires et des battements du cœur. On a, dans ces derniers temps, expérimenté à un autre point de vue les mêmes inhalations, en étudiant le protoxyde d'azote comme moyen anesthésique. Ce n'est pas ici le lieu d'en parler ; mais

(1) H. Davy, *Researches, Chemical and Philosophical chiefly Concerning Nitrous Oxide, or Diphlogisticated Nitrous Air, and its Respiration*. Londres, 1800.

(2) Thenard, *Traité de chimie élémentaire*. Paris, 1827, t. IV, p. 572.

(3) *Journal de chimie médicale*, t. II, p. 132.

(4) *De respiratione nitrogenii oxydulati commentatio*. Marbourg, 1841.

ce gaz a offert une très grande inconstance dans son action sur la sensibilité.

En examinant les conditions dans lesquelles se sont placés les divers expérimentateurs, on arrive à admettre que, par suite des divers modes d'inhalation mis en usage, ils ont dû respirer des mélanges gazeux peu comparables. On sait comment opérait H. Davy; Tennant et Underwood, en opérant comme lui, arrivèrent aux mêmes résultats. Vauquelin suivit la même marche, mais en s'arrêtant aux premiers symptômes signalés par le chimiste anglais. Les préparateurs de Thenard, ayant rempli du gaz dont il s'agit une *vessie* d'environ quinze pintes, y ajustèrent un robinet : en la soutenant d'une main, ils pressaient de l'autre leurs narines, de manière que le gaz passait alternativement de la vessie dans leurs poumons et de leurs poumons dans la vessie, mêlé à la quantité d'air que leur poitrine pouvait contenir. Thenard s'y prit tantôt comme eux, tantôt d'une manière peu différente au fond et tout aussi imparfaite. P. Zimmermann se servit d'un tube en fermant exactement les narines, et montra une persévérance comparable à celle de Davy; aussi se rapprocha-t-il, beaucoup plus que les autres expérimentateurs, des résultats signalés par l'illustre chimiste.

S'il est une conséquence à tirer de plusieurs des expériences qui précèdent, c'est que le protoxyde d'azote, sans être un gaz respirable comme l'oxygène, peut néanmoins le suppléer pendant un certain temps, et ultérieurement produire des accidents qui, d'abord peu intenses, finissent par une asphyxie complète.

Relativement aux produits comparés de la *respiration* dans l'air, dans l'oxygène pur et dans le protoxyde d'azote, on assure avoir constaté que, dans ces deux derniers gaz, la quantité d'acide carbonique exhalé est plus forte que dans l'air atmosphérique. Aussi a-t-on admis que plus l'atmosphère respirable contient d'oxygène, plus il est exhalé d'acide carbonique (*); l'air en contient environ 1/5 de son volume, et le protoxyde d'azote en renferme près de la moitié du sien. Il est vrai qu'il faut admettre que le protoxyde d'azote se décompose dans nos poumons : le fait paraît probable, quoique aucun autre phénomène connu ne vienne en aide pour l'expliquer; car, dans nos laboratoires, le protoxyde d'azote se décompose seulement à des températures bien supérieures à celle du corps. Comment néanmoins ce gaz satisferait-il quelque temps aux besoins de la respiration, si ce n'est à l'aide d'une décomposition partielle et par l'oxygène qu'il fournit? C'est sans doute, au contraire, la portion de gaz demeurée intacte qui, en pénétrant dans l'organisme par voie d'absorption, provoque les accidents signalés par les expérimentateurs.

Les autres gaz ne nous offrent plus un égal intérêt; aucun d'eux n'entretient la respiration, même momentanément. Les uns, inertes et non délétères, déterminent l'asphyxie, parce qu'ils ne peuvent alimenter le travail chimique de la respiration; les autres, actifs et vénéneux, non-seulement ne suffisent pas aux besoins de l'hématose, mais encore altèrent les organes et troublent leurs fonctions; en un mot, ils exercent sur les animaux une action toxique.

Les gaz qui ne tuent que par l'absence de l'oxygène, c'est-à-dire du seul gaz propre à soutenir la vie, sont l'*azote* et l'*hydrogène*.

L'*azote* entre pour une si forte proportion dans l'air atmosphérique, que l'on peut

(*) Telle n'est pas l'opinion de V. Regnault et J. Reiset (*Rech. chim. sur la respirat.*, etc., *Ann. de chim. et de phys.*, 3e sér., t. XXVI), qui affirment que, « dans une atmosphère renfermant deux et trois fois plus d'oxygène que notre atmosphère terrestre, les produits de la respiration restent absolument les mêmes. »

regarder l'expérience journalière comme donnant une démonstration péremptoire de son innocuité quand il est mêlé à une quantité suffisante d'oxygène ; d'une autre part, on a maintes fois observé que les animaux plongés dans l'azote *pur* y éprouvent plus ou moins rapidement tous les phénomènes de l'asphyxie. Lavoisier, qui découvrit l'azote, lui reconnut le premier cette propriété asphyxiante ; et, comme il avait obtenu ce gaz, à titre de résidu, après l'absorption de l'oxygène dans un volume donné d'air atmosphérique, cette incapacité d'entretenir la respiration fut précisément considérée comme un des principaux caractères du nouveau gaz extrait de l'air (1).

L'inhalation de l'*hydrogène pur* a les mêmes conséquences, et pourtant ce gaz n'exerce non plus aucune influence délétère, puisqu'on peut, sans aucun inconvénient, faire respirer à des animaux ou à l'homme de l'hydrogène mélangé en très grande proportion avec de l'oxygène ou de l'air atmosphérique. Lavoisier et Séguin l'avaient déjà constaté, et, depuis, d'autres expérimentateurs l'ont également reconnu. Allen et Pepys (2) placèrent des cochons d'Inde dans un récipient contenant, au lieu d'air, un mélange de quatre volumes d'air et d'un volume d'hydrogène : aucun trouble de la vie organique ne se manifesta chez ces animaux, mais ils tombèrent assez promptement dans un *sommeil profond*, qu'Allen et Pepys crurent devoir attribuer à l'introduction de l'hydrogène dans le sang, bien que Lavoisier et Séguin, avec pareil mélange gazeux même à parties égales, n'eussent pu reconnaître aucune absorption de ce dernier gaz. Les deux expérimentateurs anglais, ayant constaté une plus grande exhalation d'azote, en avaient conclu, au contraire, que l'hydrogène avait dû déplacer ce gaz dans le sang. Berzelius (3) cite un essai fait à Stockholm par Charles de Wetterstedt sur une jeune fille phthisique, et dans lequel survint aussi le sommeil. La malade ayant respiré, pendant un quart d'heure, un mélange de 4/5^es^ d'hydrogène et de 1/5^e^ d'oxygène, il s'ensuivit un sommeil paisible, bien qu'elle fût habituellement tourmentée d'insomnie, et chaque fois que l'expérience fut renouvelée, on observa les mêmes effets.

L'hydrogène *pur* laisse bientôt périr les animaux qu'on y introduit. Cet effet es très rapide chez les animaux à sang chaud, et surtout chez les oiseaux. Il apparaî bien plus lentement chez les animaux à sang froid : selon J. Müller (4), les grenouilles vivent jusqu'à trois ou quatre heures dans le gaz hydrogène, raremen davantage, et elles offrent, à la fin de l'expérience, de la somnolence et de l stupeur.

L'*acide carbonique* commence la série des gaz délétères. Il produit une asphyxi prompte lorsqu'il est inspiré *pur*, et il ne peut même être mélangé à l'air, dans un faible proportion, sans déterminer des accidents à la vérité plus lents, mais no moins funestes. Priestley (5) le constatait dès 1772, et, depuis lors, des expérience variées à l'infini sont venues confirmer ce fait aujourd'hui vulgaire. Les mélanges d'a et d'acide carbonique ne sont plus respirables dès que ce dernier y entre pour plu de 10 pour 100 ; déjà même on ressent quelque malaise dans un air vicié par la re piration, et dans lequel la proportion d'acide carbonique atteint seulement 1 pour 10(

(1) LAVOISIER, *Mémoires de l'Acad. roy. des sciences de Paris*, année 1777, p. 187.
(2) *Loc. cit.*
(3) *Traité de chimie*, traduct. de Esslinger. Paris, 1833, t. VII, p. 106.
(4) *Manuel de physiologie*, traduct. de Jourdan. Paris, 1851, t. I, p. 222.
(5) *Expériences et observations sur différentes espèces d'air*, trad. de Gibelin. Paris, 177 t. I, p. 11.

L'évanouissement et la perte du sentiment se manifestent d'ailleurs assez longtemps avant la mort, ce qui permet souvent de ranimer, à l'air libre, un animal qui semblait complétement asphyxié par l'inhalation du gaz carbonique. Toujours est-il que ce gaz ne provoque pas l'asphyxie par simple privation d'oxygène, comme les deux gaz précédents; beaucoup plus soluble dans le sang que l'azote et l'hydrogène, il s'y introduit facilement et exerce une action stupéfiante sur les centres nerveux. Berzelius (1) affirme que le gaz carbonique, au moment de son introduction, irrite la glotte et y détermine une contraction spasmodique ; mais ce phénomène est loin d'avoir lieu d'une manière constante.

Après ce premier gaz asphyxiant, viennent, avec des propriétés plus redoutables encore, les gaz oxyde de carbone, *hydrogènes* bicarboné, phosphoré, arsénié et sulfuré, le cyanogène ; puis les gaz suffocants, comme le chlore, l'acide hypoazotique, et, avec celui-ci, le bioxyde d'azote, les gaz acides en général ; l'ammoniaque, etc. Tous ces gaz sont vénéneux à divers titres, mais l'examen de leurs propriétés et de leur mode d'action ne saurait trouver place ici. Leur pouvoir délétère ne permet même pas de les respirer impunément quand ils sont mélangés avec une très grande quantité d'air atmosphérique ou d'oxygène : ainsi Thenard et Dupuytren (2) ont prouvé qu'un oiseau, comme un verdier, périt promptement dans une atmosphère qui contient seulement $\frac{1}{1500}$ d'*hydrogène sulfuré;* qu'un chien de moyenne taille ne résiste pas à un mélange dans lequel entre $\frac{1}{800}$ de ce gaz délétère, et qu'il suffit de $\frac{1}{250}$ pour donner la mort à un cheval. L'*oxyde de carbone* a aussi une action nécessairement mortelle : Félix Leblanc (3) a constaté dans ses expériences qu'un oiseau de taille ordinaire périt dans une atmosphère confinée qui en contient 1 pour 100. Le chimiste Gehelen fut frappé de mort pour avoir simplement flairé un vase qui contenait de l'*hydrogène arsénié*, etc.

Il serait inutile d'insister davantage sur des faits de ce genre, puisqu'il est généralement admis que les divers gaz qui viennent d'être dénommés sont en effet *irrespirables*.

Jusqu'ici, nous n'avons considéré que les gaz comme pouvant constituer des milieux respirables, et nous avons dû paraître ne tenir aucun compte des animaux aquatiques. C'est qu'en effet ceux-ci respirent toujours l'*air dissous dans l'eau*, et, partant, ne présentent aucune différence essentielle dans leurs rapports avec l'atmosphère. Ce fait, à cause de son importance, n'a été adopté qu'après les expériences les plus concluantes. Dès 1670, Rob. Boyle (4) s'efforça d'établir que l'eau, dans laquelle vivent les poissons, contient de l'air ; et Jean Bernouilli (5), vingt ans plus tard, prouva péremptoirement que l'eau de nos rivières et de nos sources renferme de l'air, puisque les premières bulles qui s'en échappent, avant l'ébullition, ne sont formées que de ce fluide : il démontra, en outre, que les poissons ne peuvent pas vivre dans l'eau qu'on a privée d'air en la faisant bouillir. Spallanzani (6), qui, dans ses recherches expérimentales sur la respiration, s'occupa aussi

(1) *Ouvr. cit.*, t. VII, p. 107.
(2) THENARD, *Traité de chimie*, 5e édition. Paris, 1827, t. IV, p. 575.
(3) *Note sur quelques faits nouveaux relatifs aux propriétés chimiques du gaz oxyde de carbone*, dans *Comptes rendus de l'Acad. des sc. de Paris*, t. XXX, p. 483.
(4) *New Pneumatical Exper. about Respir.*, dans *Philos. Trans.*, p. 2011 et 2035, ann. 1670.
(5) *Dissertatio de efferrescentia et fermentatione nova hypothesi fundata*. Basle, 1690, cap. 14.
(6) *Mémoires sur la respiration*, traduits par Senebier. Genève, 1803, p. 315 et suiv. — *Rapports de l'air avec les êtres organisés*, par Senebier. Genève, 1807, t. I, p. 65, 119, 130.

de celle des poissons et des animaux aquatiques en général, confirma, pour un certain nombre d'animaux de diverses classes, les propositions émises par Bernouilli. En 1799, Humphry Davy, reprenant la même question, fut amené à conclure que les animaux aquatiques respirent l'*oxygène* tenu en dissolution dans l'eau (*) et qu'ils ne décomposent jamais l'eau elle-même pour fournir aux besoins de l'hématose. Enfin vinrent, sur le même sujet, les recherches d'Alex. de Humboldt et de Provençal (1), qui, plus encore que les précédentes, contribuèrent à faire définitivement admettre : 1° que les poissons respirent en effet l'air dissous dans l'eau ; 2° que cet air est lui-même plus riche en oxygène que l'air atmosphérique ordinaire; 3° que la respiration de ces animaux produit de l'acide carbonique comme celle des vertébrés aériens.

Il résulte de tout ce qui précède que l'*air*, libre ou dissous dans l'eau, seul est propre à l'entretien normal et continu de la respiration des animaux, et que s'il peut être suppléé par l'un de ses principes, l'*oxygène*, ce n'est que dans les limites de durée que peut avoir ordinairement une expérience de laboratoire.

La composition normale de l'air (c'est-à-dire du milieu respirable par excellence), celle du sang, les changements introduits par la respiration dans la constitution de l'un et de l'autre, tels sont les éléments du problème qu'il importe maintenant d'aborder, tout en tenant compte aussi de l'influence intéressante que les variations de pression de l'air exercent sur la respiration.

L'exposé relatif à la composition de l'air ne saurait comporter de longs développements; il n'a d'autre but que de bien faire comprendre les modifications qu'entraîne l'acte respiratoire dans les qualités de ce fluide.

II. — Les premières idées dignes d'intérêt, qui aient été émises sur la *composition de l'air atmosphérique*, peuvent être rapportées au fondateur de l'enseignement de la chimie en France et en Angleterre, à Nicolas Le Fèvre (2), professeur au Jardin des plantes de Paris (**), et à Jean Rey (3), médecin du Périgord. Tous deux avaient reconnu l'augmentation de poids que subissent certains métaux lors de leur calcination : Jean Rey, dans ses écrits à ce sujet (4), et Nicolas Le Fèvre (*ouvr. cit.*) n'hésitaient point à affirmer qu'en pareil cas l'accroissement de poids est dû à la fixation de l'air extérieur. Avec les tendances habituelles de son esprit à généraliser, Nicolas Le Fèvre suppose que presque toutes les réactions chimiques auxquelles sont soumis dans l'atmosphère les minéraux, les animaux et les plantes, ont pour cause commune un élément qu'il nomme *esprit universel*, et auquel il attribue des propriétés précisément analogues à celles qu'on reconnaît aujourd'hui à l'*oxy-*

(*) Dans les circonstances normales de température et de pression, un litre d'eau peut dissoudre 46 centimètres cubes d'oxygène.

(1) *Recherches sur la respiration des Poissons* (*Mém. de la Société d'Arcueil*, 1809, t. II, p. 359).

(2) *Traité de la chimie*. Paris, 1660, 2 vol. in-8, et Londres, 1664, in-4.

(**) Nicolas Le Fèvre résida aussi à Londres où l'avait fait appeler le roi Jacques II pour lui confier le laboratoire de Saint-James.

(3) *Essays sur la recherche de la cause pour laquelle l'estain et le plomb augmentent de poids quand on les calcine*. Bazas, 1630, et Paris, 1777.

(4) *Loc. cit.*

gène. Il va même jusqu'à dire que, dans la respiration, l'air n'a pas seulement pour effet de rafraîchir les poumons, mais qu'il exerce encore une réaction sur le sang, « au moyen de l'*esprit universel* qui subtilise et volatilise toutes les superfluités de ce liquide. » Il est assurément curieux de voir ces sortes de révélations confuses, touchant le principe vivifiant de l'air, précéder de près d'un siècle et demi la grande découverte de Lavoisier; découverte qui devait avoir aussi pour point de départ la réaction de l'air sur les métaux chauffés en sa présence.

Cependant il existe, dans l'histoire de la science, une longue lacune entre Jean Rey et Nicolas Le Fèvre, d'une part, et Lavoisier, de l'autre. Dans la première moitié du XVIIIe siècle, on vit en effet Stahl (1) détourner la chimie naissante d'une voie féconde pour la livrer aux erreurs brillantes de sa théorie du *phlogistique*, théorie basée sur l'idée que les oxydes sont des corps simples et les métaux des corps composés. Ayant ainsi pris le contre-pied de la vérité en ce qui concernait le phénomène alors inconnu de l'oxydation, et ayant vu une combinaison où nous voyons une décomposition et réciproquement, Stahl ne pouvait arriver à aucune notion exacte sur la constitution de l'air ; il eut même le malheur de faire oublier aux chimistes de son temps les données que leur science venait d'acquérir. « Quoi qu'il en soit, dit Dumas (2), ce qui donnera toujours à Stahl une auréole de grandeur et de gloire, c'est que non-seulement il a compris qu'il fallait reconnaître en chimie des corps indécomposables tout différents des éléments d'Aristote (*), mais qu'il a consommé cette révolution dans les idées....... Stahl a été le précurseur nécessaire de Lavoisier, et, s'il s'est borné à lui préparer les voies, il les a du moins préparées d'une manière large qui n'appartient qu'au génie. »

Priestley et Lavoisier découvrirent l'*oxygène*, chacun de son côté, et à peu près vers la même époque. Priestley (3) établit, le premier, les propriétés essentielles de ce gaz (*air déphlogistiqué*) à l'égard de la combustion, de la calcination et de la respiration des animaux et des plantes; mais, en restant fidèle à la doctrine surannée du phlogistique, il laissa à Lavoisier la gloire de faire connaître, à la fois, la véritable composition de l'air et la théorie exacte de phénomènes qui, déjà depuis longtemps, préoccupaient l'Europe savante. Dès la fin de l'année 1772, Lavoisier (4) entre dans la voie qu'il a si brillamment parcourue ; à l'aide d'expériences variées il établit que certains corps, en brûlant à l'air, *augmentent de poids* parce qu'ils fixent une partie de ce fluide en eux-mêmes. Dès lors, on le voit appliquer sans relâche une méthode de recherches devenue la sienne, tant on avait, depuis Stahl, oublié les premières observations de J. Rey et de Nicolas Le Fèvre; l'emploi constant de la balance devient en effet, entre les mains de Lavoisier, le moyen principal de ses découvertes (5).

En 1777, préparé par une longue série de travaux, il exécuta son analyse de l'air atmosphérique à l'aide du mercure chauffé en présence de l'air et en vases

(1) *Fundamenta chimiæ dogmaticæ et experimentalis.* Nuremberg, 1723, traduction française de de Machy. Paris, 1757.

(2) *Leçons sur la philosophie chimique*, p. 84.

(*) Aristote était parti de la combustion du bois pour établir ses quatre éléments : il trouvait dans la flamme du bois qui brûle, dans la fumée qui s'en exhale, dans l'eau qui en suinte et dans la cendre qu'il laisse, les quatre éléments naturels, c'est-à-dire le *feu*, l'*air*, l'*eau* et la *terre*.

(3) *Expériences et observations sur les différentes espèces d'air*, trad. franç. de Gibelin. Paris, 1777, t. II, in-12.

(4) *Sur la nature du principe qui se combine avec les métaux pendant leur calcination et qui en augmente le poids* (*Mém. de l'Acad. des sc. de Paris*, 1775, p. 520).

(5) *Mém. de l'Acad. roy. des sciences*, année 1777, page 65. — *Opuscules physiques et chimiques*, 2e partie, chap. IX, p. 227.

clos. Cette mémorable expérience, qui fut une analyse et une synthèse à la fois, révéla la composition de l'air, telle *à peu près* qu'on la connaît aujourd'hui après tant d'autres travaux destinés à contrôler la découverte de cet admirable génie. — Durant plusieurs jours, Lavoisier fit chauffer du mercure, au contact de l'air, dans un ballon pourvu d'un tube recourbé sous une cloche qui renfermait également de l'air et du mercure. L'absorption du gaz pouvait se mesurer par la différence de niveau entre le mercure de la cuve extérieure et celui de la cloche. « Le second jour, dit Lavoisier, j'ai commencé à voir nager, sur la surface du mercure, de petites parcelles rouges qui, pendant quatre ou cinq jours, augmentèrent en nombre et en volume, après quoi elles cessèrent de grossir et restèrent absolument dans le même état..... ». Puis Lavoisier constata « que l'*air*, qui restait après cette opération et qui avait été réduit aux $\frac{4}{5}$ de son volume par la calcination du mercure, n'était plus propre ni à la respiration ni à la combustion ; car les animaux qu'on y introduisait y périssaient en peu d'instants, et les lumières s'y éteignaient sur-le-champ, comme si on les eût plongées dans l'eau. » L'air, au contact du mercure échauffé, avait donc perdu une partie de ses éléments. Le gaz restant, incapable d'entretenir la combustion et la respiration, reçut le nom d'*azote* (1).

Quant à cette autre partie de l'air qui avait été absorbée par le mercure, il fallait aussi en assigner les caractères. Après avoir chauffé dans une cornue les précédentes parcelles rouges, Lavoisier parvint à régénérer le mercure et à se procurer « un gaz incolore, beaucoup plus propre que l'air de l'atmosphère à entretenir la combustion et la respiration des animaux.... » Ayant fait passer, ajoute-t-il, une portion de cet air dans un tube de verre d'un pouce de diamètre et y ayant plongé une bougie, elle y répandait un éclat éblouissant ; le charbon, au lieu de s'y consumer paisiblement comme dans l'air ordinaire, y brûlait avec flamme et une sorte de décrépitation à la manière du phosphore, et aussi avec une vivacité de lumière que les yeux avaient peine à supporter. »

La composition essentielle de l'air était découverte.

On sait comment Lavoisier en déduisit immédiatement les théories de la calcination des métaux, de la combustion et de la *respiration*. Depuis lui, Cavendish, H. Davy en Angleterre ; Berthollet, Alexandre de Humboldt et Gay-Lussac en France (*) ; Brunner, en Suisse ; Liebig, en Allemagne (**), etc., ont, par différents procédés, analysé l'air dans diverses circonstances, et ils ont pu déterminer, d'une manière plus rigoureuse, les proportions de ses principes constituants.

Boussingault et Dumas (2), ayant également repris cette analyse, l'ont exécutée avec une précision qui, jusqu'à présent, satisfait aux besoins de la science. Leur procédé, qui donne le moyen de remplacer la mesure du volume des gaz par leur pesée, repose sur l'oxydation du cuivre chauffé au rouge et traversé par un courant d'air.

La figure ci-jointe représente leur appareil :

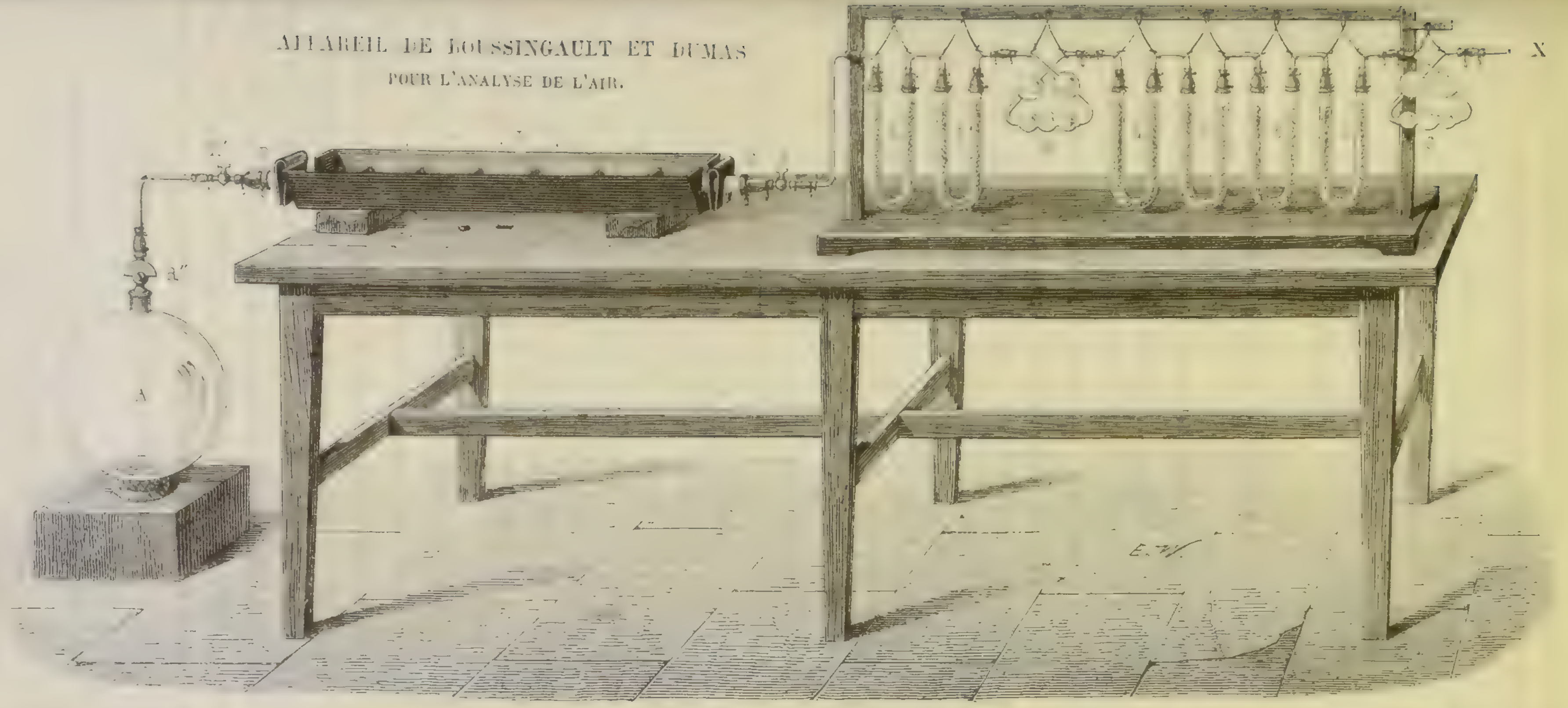
(1) De α privatif, ζωὴ, vie ; de ζάω vivre.

(*) C'est l'*eudiomètre* de Volta qu'employèrent Gay-Lussac et Alex. de Humboldt, il y a déjà une cinquantaine d'années, dans le but de déterminer la composition de l'air. Aujourd'hui cet instrument est devenu insuffisant pour des déterminations très exactes.

(**) Liebig (*Compt. rend. des séances de l'Acad. des sc. de Paris*, t. XXXII, p. 54-58) indique l'*acide pyrogallique* comme un moyen prompt, précis et commode pour analyser l'air.

(2) *Recherches sur la véritable constitution de l'air atmosphérique*, dans *Annales de chimie et de physique*, 3e série, t. III, p. 257, novembre 1841.

APPAREIL DE BOUSSINGAULT ET DUMAS
POUR L'ANALYSE DE L'AIR.



Un tube de verre dur et épais BB', contenant une quantité *déterminée* de cuivre métallique obtenu en réduisant l'oxyde par l'hydrogène, communique, d'un côté avec un ballon A d'une capacité connue, de l'autre côté avec un système de tubes diversement contournés : K et I renferment de la pierre ponce humectée d'acide sulfurique, et H (tube de Liebig) contient de ce même acide concentré et pur ; G et F sont remplis de potasse caustique en morceaux, E et D de ponce humectée de potasse ; enfin C renferme une solution concentrée du même alcali. X est le tube allant chercher l'air hors de la chambre.

Dans le ballon A et dans le tube BB', on commence par faire le vide qu'on y maintient à l'aide des robinets R, R', R". Puis on chauffe le tube BB', qui repose convenablement sur un réchaud de fer L ; et bientôt après on tourne successivement le robinet R, le robinet R', et celui R", dont est munie la tubulure du ballon, mais avec la précaution de ne les ouvrir que d'une manière graduelle, afin que le courant d'air déterminé par le vide du ballon ne traverse qu'avec beaucoup de lenteur le tube rempli de cuivre. Grâce à cette précaution, on voit en effet l'air s'introduire, sous forme de bulles, d'abord dans le tube C, pour passer ensuite dans les tubes D, E, F, G, où il abandonne son acide carbonique à la potasse, puis dans les tubes H, I et K, où il laisse sa vapeur d'eau à l'acide sulfurique concentré.

C'est donc dans un état de grande pureté que l'air arrive dans le tube BB', où l'*oxygène* se fixe sur le cuivre chauffé au rouge, tandis que l'*azote* demeuré libre passe dans le ballon A. L'augmentation de poids de ce ballon doit être attribuée à l'azote pur qui le remplit, mais qui pourtant existe aussi, en partie, dans le tube BB', où se trouve l'oxygène absorbé par le cuivre. On pèse d'abord ce tube avec la portion d'azote qu'il contient, puis on le pèse de nouveau après y avoir fait le vide, et l'on arrive ainsi à déterminer le poids de tout l'azote isolé et celui de l'oxygène fixé par le cuivre.

S'il est universellement admis que l'air atmosphérique est essentiellement formé du *mélange* de deux gaz simples, l'*oxygène* et l'*azote*, on reconnaît assez généralement aussi que ce mélange se présente dans les proportions suivantes :

100 parties d'air atmosphérique contiennent :

En poids,	23,01 d'oxygène,	En volumes,	20,81 d'oxygène,	
—	76,99 d'azote.	—	79,19 d'azote.	
	100,00		100,00	(Dumas et Boussingault.)

L'air renferme encore une minime quantité d'*acide carbonique* et une proportion variable de *vapeur d'eau*.

Nous venons de faire allusion à un moyen de doser ces deux corps dans l'air, à l'aide d'un système de tubes en U contenant, les uns de la pierre ponce imbibée d'acide sulfurique concentré, et les autres cette même pierre humectée de potasse caustique ; tubes que l'on fait traverser par un courant d'air dont un vase aspirateur détermine le volume. Des pesées, faites avant et après l'expérience, font connaître l'augmentation de poids subie par les tubes à acide sulfurique, et celle qu'ont éprouvée les tubes à potasse caustique. La première donnée révèle la *quantité d'eau* contenue dans le volume d'air sur lequel on a opéré, et la seconde détermine la *quantité d'acide carbonique* (1). On conçoit d'ailleurs toute l'importance qu'il y a à éliminer la vapeur d'eau et l'acide carbonique, ou du moins à tenir compte de leurs proportions relatives, quand il s'agit de déterminer rigoureusement les proportions de l'oxygène et de l'azote dans l'air.

La proportion de la *vapeur d'eau* contenue dans l'air varie, comme on devait s'y attendre, selon les circonstances météorologiques : par exemple, plus l'air sera chaud, plus il renfermera de vapeur aqueuse ; si bien que, pendant l'hiver, une masse d'air peut en être saturée et en contenir beaucoup moins qu'une pareille masse pendant l'été, quand même cette dernière serait encore loin de son point de saturation (*). Du reste, l'air n'est jamais dépourvu de vapeur aqueuse, et, quelle que soit la localité ou la saison, on voit toujours une couche de rosée se précipiter à la surface d'un corps dont la température est de beaucoup inférieure à celle de l'air ambiant.

Quant à l'*acide carbonique*, il a été aussi démontré par Th. de Saussure (2), par Boussingault et Lewy (3), que l'*air ordinaire* en renferme constamment, mais que sa quantité est sujette à des variations, puisque à Paris la proportion moyenne a été de 3,19 sur 10 000 parties d'air en volumes, tandis qu'aux environs de Montmorency (à Andilly) elle n'a été que de 2,98. D'après Th. de Saussure (4), on devrait admettre que, sur 10 000 parties d'air la proportion d'acide carbonique est, terme moyen, de 4,9 ; cet observateur a trouvé pour *maximum*, 6,9. La nuit, la quantité d'acide carbonique augmente, et elle diminue quelques heures après le lever du soleil ; moindre aussi dans les temps de pluie, elle est plus grande en été qu'en

(1) BOUSSINGAULT, *Comptes rendus des séances de l'Acad. des sc. de Paris*, 1841, t. XIII, p. 366.

(*) Par une température moyenne de 15 degrés centigrades, *un mètre cube* d'air, quand il est entièrement saturé, renferme environ *quatorze grammes* de vapeur d'eau.

(2) *Annales de physique et de chimie*, t. XXXVIII, p. 411.

(3) *Comptes rendus des séances de l'Acad. des sc. de Paris*, année 1844, t. XVIII, p. 473.

(4) *Loc. cit.*

hiver. Du reste, toutes ces variations sont assez peu prononcées pour n'avoir pas d'influence appréciable sur la respiration des animaux.

Les expériences de Th. de Saussure (1), celles de Boussingault (2), tendent à faire admettre encore dans l'air une autre substance carbonée et une substance hydrogénée, sur l'origine et la nature desquelles on n'est point d'accord : les uns y ont vu les traces de la présence du *gaz des marais* ou hydrogène protocarboné ; les autres ont expliqué les observations de ces deux savants par l'existence dans l'atmosphère de matières organiques extrêmement ténues desquelles ils ont fait dépendre aussi les *miasmes*, produits aériformes dont la nature reste inconnue, mais dont les redoutables effets se font surtout sentir dans les contrées marécageuses. Il est incontestable que l'air contient une multitude de corpuscules organiques et d'animalcules dont un certain nombre a même été décrit avec soin par un des plus savants micrographes de notre époque, par Ehrenberg : ces corpuscules et animalcules pourraient contribuer à rendre compte de la présence du carbone et de l'hydrogène dans de l'air préalablement privé d'acide carbonique et de vapeur d'eau, comme dans les précédentes expériences.

On connaît aussi les récentes recherches de Chatin (3), desquelles il résulterait que l'air atmosphérique contient de l'*iode* dans la proportion de $\frac{1}{500}$ de milligramme pour 4000 litres de ce fluide, du moins à Paris. On se rappelle également la présence dans l'air d'un principe odorant, signalé par Schönbein et désigné sous le nom d'*ozone*, qui ne paraît être autre chose que de l'oxygène modifié par l'électricité.

Ajoutons que, sur tous les points de la terre, s'accomplissent à chaque instant des phénomènes chimiques dont les produits gazeux se mêlent à l'air : par suite de leur décomposition ou même de leurs fonctions, les animaux et les plantes dégagent des émanations incessantes ; les volcans et nos usines vomissent des fluides aériformes de nature très complexe ; l'éclair ou l'étincelle électrique, en sillonnant l'espace, produit de l'azotate d'ammoniaque ; l'eau, en s'évaporant, entraîne avec elle une partie des principes fixes qu'elle tient en dissolution, etc. Il y a donc, en dehors des éléments essentiels à l'air, une multitude de principes ou de produits accidentels qui, répandus dans l'atmosphère, ne sauraient le plus souvent, à cause de leur quantité relative infiniment petite, être mis en évidence par nos moyens analytiques.

Quoi qu'il en soit, l'air, abstraction faite de toutes les substances qu'il peut renfermer en proportions variables, et réduit essentiellement à un *mélange* d'oxygène et d'azote, paraît offrir une remarquable fixité dans les proportions de ces deux éléments. Jusqu'à présent, en effet, les expérimentateurs sont arrivés à cet égard au même résultat, c'est-à-dire que, depuis plus de cinquante ans, ils n'ont pu constater la plus légère variation dans ces proportions ; aussi serait-on tenté de regarder une pareille épreuve comme péremptoire, pour établir que l'air est un mélange uniforme à toute époque, si l'on ne se rappelait combien est grande la masse d'air qui environne notre globe, et combien aussi est récente la découverte de la composition de ce fluide. Cette simple réflexion suffit pour rendre très réservé à conclure

(1) *Loc. cit.*
(2) *Comptes rendus des séances de l'Acad. des sc. de Paris*, 1835, t. I, p. 36.
(3) *Présence de l'iode dans l'air, et absorption de ce corps dans l'acte de la respiration animale*, dans *Comptes rendus des séances de l'Acad. des sc. de Paris*, 1851, t. XXXII, p. 669.

dans tel ou tel sens, et l'on peut encore après trente années redire ce qu'écrivait Thenard en 1827 : « C'est une grande question dont on ne pourra avoir la solution qu'au bout de plusieurs siècles, en raison de l'énorme volume d'air dont notre planète est entourée. »

Rappelons néanmoins quelques exemples qu'on a coutume de citer comme propres à établir que la hauteur et la latitude des lieux n'exercent pas une influence appréciable sur la composition de l'air : après sa seconde ascension aérostatique, Gay-Lussac a constaté que de l'air rapporté par lui de 7000 mètres de hauteur ne différait pas de celui des couches atmosphériques les plus inférieures ; de l'air recueilli au même moment, par Dumas à Paris, par Martins et Bravais (1) sur le sommet du Faulhorn, en Suisse, a également, dans les deux cas, présenté la même composition, etc. Cette composition a été aussi trouvée identique à Paris, à Saint-Pétersbourg, à Genève, à Bruxelles et en Amérique.

Toutefois, en ce qui concerne l'*altitude* des lieux, il est à remarquer que l'oxygène et l'azote, étant à l'état de *mélange*, doivent obéir à la loi des densités et de l'expansion des gaz, et se comporter comme deux atmosphères distinctes, dont la plus dense s'étend moins loin que l'autre. Ainsi, l'azote, dont la densité est 0,972 celle de l'air étant de 1, doit s'accroître en proportion à mesure qu'on s'élève dans l'atmosphère, tandis que l'oxygène, dont la densité est 1,105, doit se trouver en plus grande proportion à mesure qu'on se rapproche de la surface de la terre (2). S'il n'en a point été ainsi dans les couches d'air qui ont été analysées, c'est que, probablement, les courants d'air et les variations continuelles de densité mélangent sans cesse les couches atmosphériques, dans l'intervalle compris entre le sol et 7000 mètres d'élévation.

On est donc autorisé à conclure, d'*une manière générale*, que l'air libre est un mélange uniforme et invariable à toute latitude et à toute hauteur accessibles aux animaux ou à l'homme (*).

208 millièmes d'*oxygène* et 792 millièmes d'*azote*, en volumes, telle est donc, d'après les travaux des chimistes modernes, la composition essentielle de l'air : il faut ajouter que ce fluide contient, en outre, du *gaz acide carbonique* dans la proportion moyenne de 4 dix-millièmes, et de la *vapeur d'eau* en proportion très variable, des matières organiques dans un état de division extrême, et d'autres principes, gaz ou vapeurs, dont l'analyse est le plus ordinairement impuissante à nous faire connaître exactement la quantité et même la nature.

L'air n'agissant pas sur l'organisme seulement en vertu de ses propriétés chimiques, l'examen de sa composition serait insuffisant comme introduction à l'étude de la respiration ; il nous faut également rappeler quelques faits touchant les *propriétés physiques* de ce fluide et les rapports de ces propriétés avec les phénomènes respiratoires.

(1) *Comptes rendus de l'Acad. des sc. de Paris*, t. XIII, p. 634.

(2) DALTON, *Memoirs of the Literary and Philos. Soc. of Manchester*, 2e série, vol. II, p. 15.

(*) Toutefois DOYÈRE (*Comptes rendus des séances de l'Acad. des sc. de Paris*), à qui l'on doit une nouvelle méthode pour l'analyse des gaz, affirme avoir constaté que, dans le même lieu et à de courts intervalles, le chiffre de l'oxygène peut varier de 21,50 à 20,50 pour 100. D'un autre côté suivant B. Lewy (*Comptes rendus de l'Acad. des sc. de Paris*, t. XVII, p. 235), l'air recueilli à la surface de la mer renfermerait plus d'oxygène que l'air continental (23,116 *en poids*, au lieu de 23,01) ; mais d'autres analyses, faites à Elseneur et sur la mer du Nord, ont fourni des chiffres identiques (23,01), et quelques mois après sa première analyse, Lewy lui-même n'a plus trouvé dans l'air marin que 22,6. (*Rec. cit.*, t. XXI, p. 735.)

III. — L'air, considéré au point de vue physique, est un gaz qui, confondu autrefois avec le petit nombre de gaz que l'on connaissait, sert encore aujourd'hui de type dans l'étude des propriétés générales des corps aériformes. Son poids, son élasticité, sa dilatabilité sous l'influence de la chaleur, ses propriétés hygrométriques, représentent les conditions les plus importantes du rôle physique de l'air dans la respiration.

Depuis le commencement du XVII^e^ siècle, Galilée, son disciple Torricelli et Pascal ont démontré que l'air est un corps doué de pesanteur, et qu'en vertu de cette propriété fondamentale, il exerce une pression sur la surface de tous les corps et de tous les êtres placés sur la terre. 1 litre d'air, à la température de 0° et sous la pression de $0^{m},76$, pèse $1^{gr},2995$.

Quand on connaît la hauteur du *baromètre* en un lieu quelconque, il est facile d'évaluer la pression que l'air y exerce. Cette pression est égale, en effet, au poids d'une colonne verticale de mercure qui aurait, pour base la surface que l'on considère, et pour hauteur, la hauteur du mercure dans le tube barométrique. En supposant que cette hauteur soit de 76 centimètres, la pression sur une surface d'un centimètre carré sera de $1^{kil},033$; pression énorme que ne pourrait supporter un être vivant d'un certain volume, si elle n'était transmise également et répartie dans tous les sens, et si les gaz et les liquides que cet être renferme, pressant de dedans en dehors, ne faisaient ainsi équilibre à la même pression.

Pour vérifier le fait, il suffit de placer une partie du corps d'un homme ou d'un animal dans une atmosphère raréfiée. Si, par exemple, disposant sur la platine de la machine pneumatique un cylindre de verre ouvert aux deux extrémités, on vient à en fermer l'orifice supérieur avec la paume de la main, cette partie subit les variations de l'appareil pneumatique, et, dès les premiers coups de piston, on voit la peau se gonfler et rougir par suite de l'afflux du sang ; puis, si la raréfaction est poussée assez loin, des ecchymoses, dues à la rupture des vaisseaux capillaires, apparaissent bientôt et précèdent la déchirure de la peau elle-même qui donne lieu à un écoulement de sang.

Les accidents ne se manifestent pas de la même manière quand le corps entier plonge dans une atmosphère raréfiée. Les animaux à sang chaud succombent rapidement si on les prive d'oxygène, et, par conséquent, meurent vite sous le récipient de la machine pneumatique ; tandis que les animaux à sang froid résistent beaucoup mieux et peuvent se prêter à d'intéressantes expériences. Quoi qu'il en soit, dans l'un ou dans l'autre cas, on n'observe point de gonflement bien considérable des téguments ; le sang s'y accumule néanmoins, mais le système capillaire, gorgé de ce liquide, atténue, en partie, par une abondante transpiration aqueuse, l'effet de l'afflux sanguin (1). La muqueuse des voies aériennes est aussi affectée comme la peau ; seulement, en vertu de sa texture plus délicate, elle résiste moins bien à la pression des gaz contenus dans le sang et se déchire plus facilement : ainsi s'expliquent les hémoptysies qui surviennent parfois dans un air trop raréfié.

Ces faits, que nous ne pouvons qu'indiquer, se lient, comme on va le voir, à de curieuses remarques touchant l'influence qu'exercent sur la respiration les grandes et brusques variations de pression de l'air.

Depuis les mémorables expériences faites sur le Puy-de-Dôme, de 1646 à 1648,

(1) W. F. EDWARDS, *De l'influence des agents physiques sur la vie*, Paris, 1824, p. 23 et 329.

par Pascal et Périer, et depuis les ingénieuses inductions du premier, on sait que l'air se compose de couches superposées de densité successivement décroissante à mesure qu'on s'élève au-dessus du niveau des mers (*) ; de telle sorte que, dans les ascensions sur les hautes montagnes ou bien dans les ascensions aérostatiques, l'homme se trouve immergé dans des couches d'air raréfié dont l'influence toujours appréciable, mais plus ou moins sensible suivant les individus, a été notée par de nombreux observateurs. Il ne s'agit point ici d'entrer dans toutes les considérations physiologiques qui se rattachent aux différents effets de la pression atmosphérique sur l'organisme en général ; nous nous bornerons à mentionner ceux qui ont rapport à la respiration.

Acosta (*Historia natural de las Indias*, Séville 1590) parle du *mal de montagnes*, sorte de malaise analogue au mal de mer, dont souffraient les Espagnols en s'élevant sur les Andes. P. Bouguer et la Condamine (1) signalent plus explicitement de pareils effets, qu'ils ont observés sur eux-mêmes et sur leurs guides, à une hauteur de 4950 mètres, sur le Chimborazo : la respiration devenait extrêmement pénible et haletante sous l'influence des moindres efforts. Il en fut de même pour Alex. de Humboldt (2), lors de son ascension sur cette montagne : ses Indiens le quittèrent, à 5067 mètres de hauteur, par suite d'une excessive anhélation ; quant à lui et à ses autres compagnons de voyage, Bonpland et Montufar, ce fut surtout à partir de 5574 mètres d'élévation au-dessus du niveau de la mer, c'est-à-dire à 764 mètres au-dessus de la cime du Mont-Blanc (**), qu'ils éprouvèrent un malaise des plus prononcés et consistant en nausées, vertiges, difficulté très grande de respirer, saignement aux gencives et aux lèvres, injection sanguine des conjonctives, etc. D'après A. de Humboldt, ces accidents, qui se manifestent dans les Andes quand le baromètre se tient entre $0^m,379$ et $0^m,428$, varient beaucoup en intensité suivant les personnes. C'est également sur le Chimborazo que Boussingault et le colonel Hall firent sur eux-mêmes des observations toutes semblables (3). D'Orbigny, sur le sommet du Cachun, dans cette même chaîne des Andes, éprouva le mal de montagnes à une hauteur de 4500 à 4550 mètres ; il endurait surtout de la céphalalgie avec nausées, et des palpitations de cœur accompagnées de dyspnée et d'un découragement profond (4). A la Paz (3717 mètres) le même observateur ressentit ces divers troubles tant qu'il y séjourna ; Roulin (5) ressentit également, pendant son séjour à Santa-Fé de Bogota (2661 mètres), un malaise presque continu.

Moorcroft (6), Fraser (7), Victor Jacquemont (8), ont fait des observations du

(*) La hauteur totale des couches d'air superposées, dont se compose l'atmosphère terrestre, est évaluée à 60 ou 64 kilomètres par la plupart des auteurs.

(1) *Relation d'un voyage fait dans l'intérieur de l'Amérique méridionale*, 1745. — *Journal du voyage fait par ordre du Roi à l'Équateur*, 1751.

(2) *Nouvelles Annales des voyages*, 3e série, t. XX.

(**) Ces savants voyageurs atteignirent, le 23 juin 1802, à une hauteur de 1160 mètres au-dessus de l'endroit où s'était arrêté la Condamine en 1745, et de 1300 mètres au-dessus de la cime du Mont-Blanc.

En 1831, le 16 décembre, Boussingault s'est élevé sur le Chimborazo jusqu'à 6004 mètres au-dessus de la mer. La hauteur totale est de 6530 mètres, celle du Mont-Blanc étant de 4810 mètres.

(3) *Annales de chimie et de physique*, t. LII.

(4) *Voyage dans l'Amérique méridionale*, t. II.

(5) *Observations sur la vitesse du pouls à différents degrés de pression atmosphérique*, dans *Journ. de physiol. expérim. de Magendie*, 1828, t. VI, p. 1.

(6) *Asiatic Researches*, etc., t. XII.

(7) Fraser, *Journal*, p. 449.

(8) *Correspondance*, 1re édition, t. I, p. 252, 275.

même genre sur différents points de la chaîne de l'Himalaya : c'est vers 4000 mètres d'élévation qu'ils ont en général observé ou éprouvé les premiers symptômes du mal de montagnes.

On possède aussi des relations très précises et fort nombreuses de faits analogues observés dans les Alpes. Bénédict de Saussure (1) les a signalés dans ses voyages au Buet, au Mont-Blanc, au col du Géant, au Breithorn, etc. : c'est aussi vers 4000 mètres que le mal commençait à se manifester sérieusement même chez les personnes les plus vigoureuses et accoutumées aux ascensions. Tous les voyageurs qui ont gravi le Mont-Blanc parlent des mêmes accidents éprouvés par eux à peu près vers cette même altitude : diminution notable de l'appétit, dégoût pour les aliments, nausées et parfois vomissements, *anhélation*, palpitations, céphalalgie, lassitude, prostration morale, somnolence, bourdonnements dans les oreilles, tels sont les phénomènes qu'ils ont habituellement constatés. Les animaux dont ils étaient quelquefois accompagnés n'échappaient pas plus que les hommes à cette influence perturbatrice.

Lepileur (2) rapporte aussi un grand nombre d'observations conformes aux précédentes et faites par lui dans diverses parties des Alpes ; Martins et Bravais, ses compagnons dans plusieurs excursions, ont souffert comme lui des mêmes accidents. Cet observateur distingue les effets morbides dus aux circonstances exceptionnelles dans lesquelles les voyageurs se trouvent, des effets qui se rattachent plus particulièrement à la raréfaction de l'air. Ainsi la somnolence, la coloration blanche de la langue, le dégoût des aliments, le mouvement fébrile, paraissent à Lepileur être les conséquences ordinaires de la privation de sommeil, coïncidant avec un exercice musculaire violent et une marche prolongée. Les accidents qu'il rapporte à la diminution de la pression atmosphérique sont les troubles respiratoires qui se lient avec l'accélération du pouls, et qui surtout contraignent les voyageurs à des haltes très fréquentes ; puis vient ce malaise de l'estomac, qui, provoquant, comme dans le mal de mer, des nausées et des vomissements, se dissipe aussitôt que l'on descend ou lorsqu'on séjourne quelque temps à la même hauteur.

Sans vouloir entrer ici dans l'examen des diverses théories émises pour expliquer le *mal de montagnes*, ce qui serait soulever une discussion stérile pour l'histoire de la respiration, nous rappellerons que la plupart des auteurs ont regardé la raréfaction de l'air ou la diminution de la pression atmosphérique comme cause de tous les accidents. Telle est d'abord l'opinion de Bénédict de Saussure (3), qui, le premier, en juillet 1788, gravit le Mont-Blanc jusqu'à sa cime. La *dyspnée*, selon Pravaz (4), a lieu non-seulement parce que l'air inspiré contient moins d'oxygène sous un volume donné et parce que la dissolution de ce gaz dans le sang est moins facile sous une pression plus faible, mais encore parce que la surface où s'établit le conflit du sang veineux avec l'air atmosphérique a diminué d'étendue. Brachet (5), rappelant que la contraction musculaire opère une désoxygénation considérable du sang, et que les muscles ne peuvent d'ailleurs se contracter que sous l'influence

(1) *Voyage dans les Alpes*, t. I, §§ 559, 560, 561. — T. IV, §§ 1965, 2021, 2105 et suiv.

(2) *Mém. sur les phénomènes physiologiques qu'on observe en s'élevant à une certaine hauteur dans les Alpes* (*Revue médicale*, mai 1845, p. 196).

(3) *Ouvr. cit.* t. I, § 561.

(4) *Bullet. de l'Acad. de méd. de Paris*, 1838, t. II, p. 985. — *Essai sur l'emploi médical de l'air comprimé*. Paris, 1850.

(5) *Note sur les causes de la lassitude et de l'anhélation dans les ascensions sur les montagnes les plus élevées* (*Revue médicale*, novembre 1844, p. 356).

du sang artériel, explique la lassitude et l'*anhélation* par la présence d'un sang trop peu oxygéné sous la double influence de la raréfaction de l'air et de l'exercice musculaire. D'autres (1) voient la cause principale des troubles précédents et de l'anhélation en particulier, dans les mouvements pénibles que les membres abdominaux et le corps tout entier sont obligés d'exécuter pour gravir une montagne élevée et rapide. D'après la théorie de E. et W. Weber (2), on a admis, depuis, que la pression atmosphérique n'étant plus suffisante, à une certaine hauteur, pour maintenir la tête du fémur appliquée contre la cavité cotyloïde et faire ainsi équilibre au poids du membre inférieur, l'action musculaire doit intervenir très énergiquement lors de l'oscillation du membre, pour le maintenir dans ses rapports articulaires : de cette action musculaire inusitée résulterait le sentiment de poids et de lassitude dans les membres inférieurs, bientôt suivi d'un impérieux besoin de repos des muscles. Enfin, aux yeux de Lepileur (3), qui du reste est loin de refuser toute influence à la raréfaction de l'air et à l'exercice musculaire, la cause principale du mal de montagnes serait dans la congestion sanguine qui, sous l'influence des efforts, se produit dans le cerveau, les *poumons*, les muscles et le système de la veine porte.

Quant à nous, il ne nous semble pas possible de nier que la raréfaction de l'air, ou la diminution de la pression atmosphérique, quand elle survient *trop brusquement*, doive modifier assez profondément l'oxygénation pour produire des troubles plus ou moins notables de la respiration et de l'hématose ; car bien évidemment un certain laps de temps est toujours nécessaire pour que l'équilibre entre les gaz du sang et les gaz extérieurs puisse complétement s'établir, pour qu'aussi les mouvements *plus actifs* de la respiration (*) se mettent en harmonie avec les conditions nouvelles, de manière que le poumon absorbe, dans un temps donné, à peu près la même quantité d'oxygène qu'exige l'état normal. Que si la plupart des accidents mentionnés ne se produisent pas avec la même intensité dans les ascensions aérostatiques, qui pourtant dépassent parfois en hauteur les ascensions sur les montagnes, c'est qu'il faut tenir grand compte des différences qu'il y a, pour l'homme, entre être assis et sans mouvement dans le fond de la nacelle d'un aérostat, et gravir à pied une montagne escarpée. Dans ce dernier cas, le travail exagéré des muscles locomoteurs doit rendre très active la consommation d'oxygène, dont les conséquences deviennent d'ailleurs d'autant plus sensibles pour l'économie que ce principe vivifiant est lui-même plus raréfié en raison de l'altitude du lieu.

Quoi qu'il en soit, ainsi que le prouvent l'acclimatement à des hauteurs considérables et l'observation des individus vivant, les uns sur le sommet des montagnes, et les autres dans la profondeur des vallées, toujours est-il que l'homme peut arriver, *graduellement*, à supporter des variations de pression comprises entre des limites très étendues, sans que son état statique ou dynamique en soit modifié d'une manière appréciable. Dans la république de l'Équateur, la ville de *Quito*, bâtie sur le versant E. de la montagne volcanique du Pichincha et renfermant

(1) P. Bouguer et La Condamine, *Relation d'un voyage fait dans l'intérieur de l'Amérique méridionale*, 1745. — Rey, *Influence sur le corps humain des ascensions sur les hautes montagnes* (*Revue médicale*, novembre 1842, p. 321).

(2) *Traité de la mécanique des organes de la locomotion*, trad. par Jourdan. Paris, 1843.

(3) *Mém. cit.*

(*) Tous les voyageurs, excepté Lepileur, s'accordent à dire qu'en pareil cas la respiration est notablement accélérée.

70000 habitants, est élevée à 2908 mètres au-dessus du niveau de la mer; dans le haut Pérou ou Bolivie, la ville de *Potosi*, qui, dit-on, a possédé au XVII^e siècle une population de 150 000 âmes, se trouve dans sa partie la plus haute, à 4166 mètres ; dans les Andes péruviennes, la métairie d'*Antisana* est placée à une hauteur de 4101 mètres, et la ville de *Calamarca*, en Bolivie, à 4141 mètres; au Thibet, *Deba*, ville qui sert de résidence à un Lama, est située à près de 5000 mètres d'élévation, c'est-à-dire à une hauteur correspondante au sommet du Mont-Blanc (4810 mètres), et à laquelle la pression barométrique a diminué environ de moitié; il en est de même de la maison de poste d'*Ancomarca* (4792 mètres), habitée pendant plusieurs mois de l'année (1). Et pourtant, avec des diminutions aussi considérables de la densité de l'air, il est manifeste que, chez les hommes ou les animaux qui vivent habituellement dans ces différentes localités, les fonctions de la vie organique ne s'accomplissent pas plus mal que chez les habitants des plaines. Si, à chaque inspiration, l'individu qui habite la montagne introduit nécessairement moins d'oxygène dans ses poumons que ne le fait l'habitant de la plaine, il y supplée à l'aide d'inspirations plus fréquentes (*), de manière qu'en définitive, chez l'un et l'autre, la même quantité d'oxygène peut se trouver absorbée dans le même temps. Puis, la tension des gaz du sang étant dans un constant équilibre avec celle de l'air ambiant, rien d'essentiel ne se trouve en effet modifié dans les conditions de cet *échange gazeux* entre l'organisme et l'atmosphère, qui constitue un des actes principaux de la respiration.

Quant à l'*augmentation de densité et de pression de l'air*, elle produit des effets inverses des précédents ; mais ces effets ne deviennent très appréciables qu'à l'aide d'appareils condensateurs. C'est ainsi que Tabarié (2) a prouvé qu'une condensation progressive et très forte de l'air finit par ralentir le pouls et la respiration, à tel point que l'individu mis en expérience se plaint d'une sensation de froid, la température de l'appareil étant néanmoins plus élevée que celle de l'atmosphère ambiante. De son côté, Pravaz (3) a constaté qu'en augmentant la pression seulement d'une *demi-atmosphère*, on voit le pouls baisser sensiblement (quelquefois des deux cinquièmes), la respiration devenir moins fréquente mais plus large, les puissances contractiles réagir d'une manière plus libre et plus facile, etc. Si, d'après Pravaz la surface, où s'établit le conflit du sang veineux avec l'air atmosphérique diminue d'étendue, par suite de la diminution de la pression atmosphérique, cette surface croît avec la pression de l'air et l'ampleur des inspirations, d'où l'augmentation de l'oxygène inspiré. Au dire du même expérimentateur (4): « 1° La quantité d'acide carbonique exhalé dans le bain d'air comprimé s'élève au-dessus des proportions de l'état normal, jusqu'à la pression de 10 à 12 centimètres; au-

(1) Voir l'*Annuaire du Bureau des longitudes*, p. 191. Paris, 1843.

(*) Cette plus grande fréquence des inspirations coïncide, ainsi que l'ont reconnu beaucoup de savants voyageurs, avec une plus grande *accélération du pouls*. De là, pour les personnes qui ont une maladie du cœur ou des organes pulmonaires, ou qui y sont prédisposées, aussi bien que pour celles chez lesquelles on a lieu de craindre que l'accélération du pouls, de la respiration et les troubles de l'hématose n'amènent des accidents graves (apoplexie cérébrale, congestions diverses, etc.) ; de là, dis-je, le conseil qu'on donne à ces individus de s'interdire l'ascension des montagnes, les voyages aérostatiques et le séjour dans les lieux très élevés.

(2) *Comptes rendus des séances de l'Acad. des sc. de Paris*, année 1838, t. VI, p. 896; année 1840, t. XI, p. 26.

(3) *Essai sur l'emploi médical de l'air comprimé*. In-8, Paris, 1850, p. 37.

(4) *Ouvr. cit.*, p. 27.

dessus de cette limite, le poumon exhale moins d'acide carbonique qu'avant le bain. 2° L'effet consécutif de l'air comprimé, à la sortie de l'appareil, est l'accroissement de l'exhalation de l'acide carbonique. Cet effet, qui se prolonge pendant plusieurs heures, n'atteint son *maximum* qu'un certain temps après le bain. »

Plusieurs de ces résultats, qui sont d'ailleurs peu explicables, auraient besoin de confirmation ultérieure (*).

Il y a, dans la *respiration des Oiseaux* et dans leur appareil respiratoire, certaines particularités que nous nous décidons à signaler dès maintenant, parce qu'elles ne nous semblent pas sans liaison avec l'étude qui vient d'être faite touchant l'influence des variations de la densité de l'air sur la respiration en général.

L'appareil qui sert à cette fonction, chez les Oiseaux, présente une disposition fort curieuse à connaître; nous voulons parler de ces sacs aériens qui, en rapport avec l'intérieur des poumons, remplissent une grande partie du corps de l'animal et communiquent même avec l'intérieur des os. G. Harvey (1), le premier, a signalé leur existence chez l'Autruche, le Coq, etc. Cl. Perrault (2) a décrit avec soin plusieurs de ceux qu'on observe dans le tronc du Casoar, de l'Aigle, et P. Camper (3) a découvert que l'air atmosphérique pénètre dans la plupart des os du squelette. J. Hunter (4), Merrem (5), Michel Girardi (6), Geoffroy St-Hilaire (7), Colas (8), Natalis Guillot, etc. (9), les ont étudiés et décrits derechef, en y signalant quelques particularités nouvelles. Mais le travail le plus remarquable sur l'appareil respiratoire des Oiseaux, aussi bien par l'étendue des recherches historiques et critiques que par l'exactitude et la précision des détails qu'il renferme, est l'ouvrage de Sappey (10), publié en 1847. Cet auteur a, le premier, bien fait connaître l'ensemble des réservoirs aériens chez les animaux de cette classe.

De tous ces travaux il résulte un fait général, c'est qu'entre autres modifications de leurs organes pulmonaires, les Oiseaux possèdent un système compliqué de grandes cellules annexées à ces organes et continues avec la muqueuse qui tapisse les canaux bronchiques : plusieurs de ceux-ci, rampant à la surface du poumon, y présentent en effet des orifices largement ouverts par lesquels ils communiquent avec ces vastes cellules membraneuses généralement désignées sous les noms de *sacs* ou *réservoirs aériens*. Comme Girardi (11) et L. Fuld (12),

(*) Consultez aussi : P. Hervier, *Sur la carbonométrie pulmonaire dans l'air comprimé* (*Gaz. méd. de Lyon*, 1849). — Triger, *Sur un nouvel emploi de l'air comprimé dans l'exploitation des mines* (*Comptes rendus de l'Acad. des sc. de Paris*, t. XXI, p. 1072 ;—*Ibid.* t. XIII, p. 884).

(1) *Exercitationes de generatione animalium*. Amsterdam, 1651, in-12, p. 4.

(2) *Mémoires de l'Acad. roy. des sciences de Paris*, t. III, 2e partie, p. 165.

(3) *Mém. des savants étrangers*, 1773, t. VII, p. 328.

(4) *Œuvres complètes*, traduction de Richelot, t. IV, p. 251.

(5) *Ueber die Luftwerkzeuge der Vœgel* (*Leipziger Magazin*, 1783, et *Schneider's verm. Abhandl. zur aufklärung der Zool.*, Berlin, 1784, p. 323 et 331).

(6) *Memorie di Verona*, t. II, 2e partie, p. 732.

(7) *Philos. anat.*, pl. VII.

(8) *Journal complém. des sc. méd.*, 1825, t. XXIII, p. 97 et 289. — *Bulletin de Férussac*, 1826, t. IX, p. 225.

(9) *Comptes rendus des séances de l'Acad. des sc. de Paris*, t. XXII, p. 208, et *Ann. des sc. nat.*, 3e série, 1846.

(10) *Recherches sur l'appareil respiratoire des oiseaux*, avec planches. Paris, 1847.

(11) *Loc. cit.*

(12) *De organis quibus aves spiritum ducunt*. Wurtzbourg, 1816.

Sappey en décrit *neuf*, qui sont tous placés à la périphérie des viscères du tronc. Indépendants les uns des autres, tous communiquent avec les poumons, et la plupart avec les cavités intérieures des os.

Si, grâce aux précédentes recherches, la disposition de ces singuliers appareils est bien connue, on ne saurait en dire autant de leur *rôle physiologique*. A ce dernier égard, on doit néanmoins à Sappey plusieurs expériences dignes d'intérêt : cet habile observateur s'est à la fois attaché à déterminer la marche et la qualité de l'air qui pénètre dans les différents réservoirs, ainsi que le mécanisme à l'aide duquel ils s'emplissent et se vident tour à tour. Nous verrons tout à l'heure qu'ici, mieux que Cl. Perrault (1) et Girardi (2), Sappey a démontré un fait d'antagonisme fort curieux et essentiel à connaître pour se faire une idée du fonctionnement de l'appareil.

Rappelons d'abord que les neuf réservoirs aériens, dont l'existence est constante, sont distribués comme il suit : 1° un *réservoir thoracique*, impair et symétrique, placé à la partie antérieure du thorax, au-dessous et en avant des poumons; 2° deux *réservoirs cervicaux* situés, de chaque côté, le long de la base du cou; 3° quatre *réservoirs diaphragmatiques*, logés entre les deux diaphragmes; 4° deux *réservoirs abdominaux* adossés à la paroi supérieure de l'abdomen, bien décrits et bien représentés surtout par Natalis Guillot (*loc. cit.*).

Or, chaque fois que le thorax se dilate, les quatre réservoirs moyens ou diaphragmatiques se dilatent avec lui, puis les réservoirs thoracique, cervicaux et abdominaux, c'est-à-dire les antérieurs et les postérieurs, s'affaissent en même temps; quand le thorax se resserre, les phénomènes inverses se manifestent. Les réservoirs diaphragmatiques sont donc comme de simples annexes de la cavité pulmonaire, tandis que les réservoirs antérieurs et postérieurs sont, au contraire, antagonistes de ce premier système, en ce qui concerne l'admission et l'expulsion de l'air. En d'autres termes, pendant l'inspiration, l'air extérieur entre dans les poumons et les réservoirs diaphragmatiques ou moyens, en même temps qu'une portion de l'air contenu dans les réservoirs antérieurs et postérieurs reflue dans les poumons; pendant l'expiration, l'air expulsé des poumons et des réservoirs moyens s'échappe en partie au dehors et pénètre en partie dans les réservoirs antérieurs et postérieurs. Il existe donc bien entre le jeu des réservoirs moyens et celui des réservoirs antérieurs et postérieurs la plus remarquable opposition : cet antagonisme est le phénomène principal et caractéristique de la respiration chez les oiseaux; l'expérimentation le démontre d'ailleurs de la manière la plus évidente. Ces faits devant dominer toute théorie sur l'usage des sacs aériens, il importait de les bien établir.

Sappey a constaté, en outre, à l'aide d'observations faites sur le vivant, que les poumons se dilatent relativement assez peu, alors que les réservoirs moyens subissent une distension considérable, et il en a conclu que, chez les oiseaux, l'organe d'aspiration et l'organe de l'hématose sont distincts; celui-ci étant représenté par les poumons, celui-là par les sacs diaphragmatiques. Cet auteur s'est également assuré que l'air contenu dans les réservoirs diaphragmatiques a sensiblement la même composition chimique que l'air libre extérieur, sauf un léger mélange d'air expiré qui diminue quelque peu la quantité de l'oxygène et augmente celle de l'acide

(1) *Mém. cit.*, t. III, 2e partie, p. 148.
(2) *Loc. cit.*

carbonique. Quant aux réservoirs antérieurs et postérieurs, qui se dilatent pendant l'expiration, ils renferment un air vicié tel que celui qui est expulsé par les narines de l'oiseau : cet air contient, en moyenne, 16 pour 100 d'oxygène (en volumes) et 5 environ d'acide carbonique. Ce même air arrive d'ailleurs, par l'entremise du poumon et des sacs diaphragmatiques, dans les réservoirs cervicaux, thoracique et abdominaux, à une température de 40 à 42 degrés centigrades qui lui donne à la fois une plus faible densité et une plus forte tension que celles de l'air extérieur.

Enfin, guidé par des expériences analogues de J. Hunter (1) et de J. A. Albers (2), Sappey (3) a encore reconnu que l'air de ces derniers réservoirs circule si librement dans les os, qu'il est possible, sur un oiseau auquel on a amputé l'humérus et lié la trachée-artère, de constater que la respiration s'accomplit par la cavité béante de cet os comme par la trachée elle-même. Un canard, sur lequel Sappey a fait l'expérience, « et qui respirait par l'os du bras », était plein de vie au bout de quarante-huit heures.

Tels sont les faits essentiels qu'il importait de rappeler avant de discuter sommairement les usages de l'appareil qui nous occupe.

D'abord, plusieurs de ces faits tendent à annuler l'opinion de G. Cuvier (4), d'après laquelle les sacs aériens serviraient à une double respiration, le sang devant s'oxygéner à la fois dans les réseaux capillaires des poumons et à la surface des sacs aériens dans les réseaux capillaires de la circulation générale. Cette conjecture physiologique est démentie de plusieurs manières : en premier lieu, les parois membraneuses des sacs aériens sont très peu vasculaires; puis, les vaisseaux veineux qui en remportent le sang s'abouchent avec le système des veines caves et non avec les veines pulmonaires; enfin, on a vu que les réservoirs thoracique, cervicaux et abdominaux reçoivent de l'air expiré, à peu près impropre à une nouvelle hématose. L'opinion de Cuvier n'est donc plus admissible aujourd'hui.

On a aussi pensé que les sacs aériens des oiseaux pouvaient avoir pour usages : de diminuer le *poids spécifique* du corps (Camper, J. Hunter, Girardi) ; de rendre l'équilibre plus stable, en abaissant le centre de gravité (Borelli) ; d'isoler le mécanisme de l'effort de celui de la respiration (J. Hunter, Girardi, Sappey) ; enfin d'augmenter l'étendue et la puissance de la voix (Girardi, Sappey). Examinons très rapidement chacun de ces points.

Évidemment, les sacs aériens ne peuvent diminuer le poids spécifique du corps de l'oiseau qu'en raison de la température de l'air qu'ils contiennent. Mais la différence de poids qui en résulte n'est pas bien considérable, ainsi qu'on pourra le voir par les nombres suivants que donnent les formules adoptées par les physiciens. Supposons un air ambiant à 10 degrés centigrades et le corps de l'oiseau à 42 degrés : un litre d'air, à 10 degrés, pèserait environ 1gr,24 au niveau du sol, et, à 42 degrés, son poids serait réduit à 1gr,11 : l'excès de poids de l'air froid serait donc de 13 centigrammes seulement pour un volume déjà considérable et avec une différence très notable de température. Aussi nous semble-t-il qu'il ne faut pas tenir

(1) *Œuvres complètes*, t. IV, p. 255, trad. franç. de G. Richelot, Paris, 1843.
(2) *Beiträge zur Anat. und Physiol. der Thiere*. Bremen, 1802, p. 107.
(3) *Ouvr. cit.*, p. 18.
(4) *Règne animal*, 2e édit., t. I, p. 301.

un bien grand compte du rôle que peuvent jouer les réservoirs aériens des oiseaux comme appareil aérostatique propre à rendre leur corps plus léger. Que serait, en effet, le corps d'un oiseau capable de renfermer un litre d'air dans cet appareil? On devrait lui supposer tout au moins 1500 centimètres cubes de volume total, c'est-à-dire 500 centimètres cubes pour les divers organes qui entourent cette masse d'air. Dans cette hypothèse, l'oiseau n'eût-il que 1,3 pour densité, pèserait 650 grammes et ne serait allégé, par cet appareil compliqué, que de $\frac{1}{5000}$ environ de son poids. — En réalité, on ne peut s'attacher sérieusement à cette première conjecture émise sur le rôle physiologique des sacs aériens chez les oiseaux. Aussi, comme nous, Sappey paraît-il l'avoir considérée comme peu satisfaisante; il admet que l'influence de ces sacs aériens doit être « extrêmement limitée », puisque leur développement n'est nullement en rapport avec les différences que présentent les diverses classes d'oiseaux dans leur aptitude pour le vol (1).

Nous avons dit qu'en second lieu, à l'exemple de Borelli (2), on avait assigné pour usage aux sacs aériens de « rendre plus stable l'équilibre du corps ». Par suite de la conformation propre aux oiseaux, les réservoirs aériens serviraient à abaisser leur centre de gravité en augmentant le diamètre tergo-abdominal de leur corps et en refoulant, au-dessous de l'axe des ailes, la masse des viscères de l'abdomen. Mais cet usage, concernant seulement une portion de l'appareil en question (réservoirs abdominaux) ne saurait être regardé que comme très secondaire et n'explique aucunement la présence d'un semblable appareil.

Il en est à peu près de même de l'influence des sacs aériens « sur le mécanisme de l'effort isolé de celui de la respiration ». Sappey (3) a très bien fait ressortir l'indépendance qui existe, chez les oiseaux, entre les mouvements du vol et ceux de la respiration: elle tient à l'insertion des muscles qui entourent le tronc, insertion qui se fait tout différemment chez les oiseaux et chez les mammifères. « Les sacs aériens, dit cet observateur, participent à l'indépendance de ces deux fonctions en augmentant la capacité du thorax, et en donnant au sternum une plus grande largeur. » Ce n'est pas encore là, ce nous semble, une raison suffisante de leur existence, et il faut leur trouver une autre destination.

Quant à « l'influence des sacs aériens sur l'intensité, l'étendue et la puissance de la voix », même en acceptant cette idée telle qu'elle est présentée, il paraît bien difficile d'admettre qu'une modification aussi importante, dans un des appareils essentiels de l'économie animale, ait pour but principal la production du chant.

Mais on ne peut s'empêcher de remarquer que, dans tout le règne animal, il y a seulement deux classes d'animaux organisés pour le vol, les oiseaux et les insectes; que, dans l'une et dans l'autre classe, l'air est abondamment répandu dans le corps, à l'aide des réservoirs aériens chez les oiseaux et des trachées souvent vésiculeuses chez les insectes; qu'enfin, dans aucune autre classe, cette diffusion de l'air dans l'organisme n'est aussi abondante que dans les deux précédentes. Or, s'il est vrai qu'en général les oiseaux soient exceptionnellement doués sous le rapport du chant, on ne saurait en dire autant des insectes; aussi serait-il plus satisfaisant de trouver, en dehors de toutes les idées qui viennent d'être passées

(1) *Ouvr. cit.*, p. 50.
(2) BORELLI, *De motu animalium*, proposit. CLXXXV.
(3) *Ouvr. cit.*, p. 54.

rapidement en revue, une explication applicable à ces deux classes d'animaux organisés pour être ainsi pénétrés d'air, explication se rattachant d'ailleurs à leur mode tout spécial de locomotion.

A propos du mécanisme de la respiration chez les oiseaux, et du rôle de leurs grandes cellules aériennes, Duvernoy (1) s'exprime ainsi : « Toutes les circonstances qui distinguent essentiellement les poumons et la respiration des oiseaux me semblent avoir été nécessitées par les conséquences, sur la circulation en général et sur la circulation pulmonaire en particulier, de la rapidité extrême de leur vol et des changements fréquents dans le poids de l'atmosphère, auxquels les oiseaux sont exposés dans leurs voyages aériens. Ils doivent à cette organisation de n'avoir, dans leurs mouvements si rapides, si soutenus et quelquefois si élevés, ni essoufflement, ni hémorrhagies. »

Mais Duvernoy a omis de poursuivre cette idée qui, selon nous, peut conduire à d'intéressants rapprochements, surtout lorsqu'on s'en rapporte, d'une part, aux expériences de Cl. Perrault et de Sappey sur le mécanisme respiratoire des oiseaux et, d'autre part, aux faits relatés ci-dessus touchant le *mal de montagnes*. Si les oiseaux possèdent en effet, au plus haut degré, le pouvoir de s'élever dans l'atmosphère en traversant des couches d'air d'une densité très différente, sans que ni leur circulation ni leur respiration en soient gênées en aucune façon ou que l'effort musculaire en soit affaibli, l'expérience démontre qu'au contraire l'organisme de l'homme et des mammifères ne saurait subir la même épreuve sans de notables perturbations. Il y a donc de l'intérêt à rechercher comment l'organisation des oiseaux conjure ces effets, et si les réservoirs aériens ne seraient pas destinés à assurer un pareil résultat.

Nous savons déjà que, chez les oiseaux, l'organe d'hématose et l'appareil d'aspiration sont distincts, que les sacs diaphragmatiques constituent une sorte de pompe aspirante et foulante qui, dans l'*inspiration*, appelle et reçoit l'air extérieur et qui, dans l'*expiration*, en en chassant une partie par la glotte ou les fosses nasales, pousse l'autre, par l'entremise du poumon, dans les réservoirs antérieurs et postérieurs. Ajoutons que la surface interne des poumons, chez les oiseaux, n'est pas en communication seulement avec l'air du dehors de manière à en subir exclusivement la pression variable ; placée entre les sacs diaphragmatiques ou aspirateurs et les réservoirs affectés à l'expiration, cette surface reçoit aussi de ces derniers de l'air dont la pression dépend toujours des changements de volume que ces réservoirs peuvent subir sous l'empire même de l'effort qui pousse cet air dans les poumons. Le précédent appareil pourrait donc bien avoir pour effet d'isoler, plus ou moins complétement, la surface respiratoire et ses nombreux vaisseaux de l'atmosphère variable que l'oiseau traverse dans sa locomotion rapide et si étendue. Qu'on se rappelle encore par quel étroit orifice l'appareil pneumatique des oiseaux communique avec l'air ambiant, puisque la glotte consiste en une simple fente à bords rigides, laissant seulement à sa commissure antérieure un méat par lequel l'air intérieur communique avec le dehors, et l'on tendra peut-être à admettre qu'en effet le véritable but de l'appareil qui nous occupe est de placer les surfaces respiratoires dans une atmosphère propre au corps de l'oiseau et dont celui-ci puisse régler la pression selon ses besoins. — Cette id-

(1) G. Cuvier, *Leçons d'anat. comp.* (2e édit., Paris, 1840, t. VII, p. 214).

prêterait à des développements qui ne sauraient trouver place ici; disons pourtant qu'elle offre encore cela de remarquable qu'elle peut également s'appliquer à l'organisme des insectes. Chez eux, l'appareil trachéen présente aussi cette particularité que l'animal peut facilement se créer en lui-même une atmosphère spéciale par l'occlusion des stigmates et grâce à la capacité des canaux et réservoirs aériens qui s'y rattachent très communément. Souvent on a pu constater combien, par suite de cette organisation, les insectes résistent à l'influence du vide pneumatique, des gaz délétères et même de l'immersion dans l'eau. Pourquoi ne pas croire que, dans le vol, et pendant qu'ils traversent les diverses couches de l'atmosphère, les insectes ne puissent s'isoler aussi de la pression extérieure si changeante avec l'altitude, comme le font sans doute les oiseaux par un mécanisme un peu différent, mais du moins analogue dans ses effets?

Après la précédente étude des rapports de la pression de l'air avec la respiration en général, et les applications de cette étude à la *respiration des oiseaux*, il ne nous reste, pour l'instant, rien à dire des autres propriétés physiques de ce fluide. Leur influence sur la fonction dont il s'agit ne paraît avoir rien de spécial et sera examinée ailleurs : parmi les plus importantes de ces propriétés figure, par exemple, l'hygrométricité de l'air qui modifie sensiblement la transpiration pulmonaire; mais ces modifications, conformes aux lois qui régissent l'exhalation en général, ne devront être étudiées qu'à propos de cet acte physiologique, etc.

IV. — Puisque la respiration, envisagée dans un de ses principaux caractères, consiste, comme nous le disions plus haut, dans un échange de gaz qui s'opère durant le contact médiat de l'*air et du sang*, évidemment, pour bien comprendre les changements introduits par la respiration dans les propriétés et la composition de ces deux fluides, il importe de connaître d'abord la constitution normale de l'un et de l'autre. Déjà nous avons exposé celle de l'air; il nous reste à étudier les propriétés et la *composition normale du sang*, principalement dans l'homme et dans les animaux supérieurs (*), *tout en faisant*, à l'avance, *quelques applications générales de cette étude à la respiration, aux sécrétions et à la nutrition.* Nous donnerons ainsi plus d'intérêt à notre exposé chimique. Ces notions, que nous croyons devoir émettre dès à présent, pourront d'ailleurs servir d'introduction générale à l'examen ultérieur de ces diverses fonctions.

L'histoire détaillée du sang se trouve tracée dans une autre partie de cet ouvrage.

Le *sang*, qui peut être regardé comme le milieu de tous les phénomènes de nutrition, constitue le liquide renfermé dans les veines et dans les artères. A ces deux ordres de vaisseaux correspondent le *sang veineux* et le *sang artériel*, dont nous aurons bientôt à indiquer les caractères différentiels.

Si l'on ouvre la veine ou l'artère d'un animal vertébré, il s'en écoule un liquide d'une couleur rouge brun ou rouge vermeil, d'une odeur caractéristique et différente suivant l'espèce animale, d'une saveur salée, un peu nauséeuse, et d'une

(*) On ne sait d'ailleurs que bien peu de choses au sujet de la *composition chimique du sang* chez les *animaux invertébrés*.

réaction toujours alcaline. Sa pesanteur spécifique, à 15 degrés centigrades, varie ordinairement chez l'homme adulte entre 1,050 et 1,058. Sa chaleur spécifique augmente avec sa densité.

Par le repos, ce liquide se prend en une masse qui bientôt se sépare en deux parties distinctes : l'une, liquide, transparente et jaunâtre, est le *sérum ;* l'autre, molle, opaque et d'un rouge plus ou moins foncé, constitue le *caillot*.

Dans l'état de vie, le sang doit être considéré comme formé d'une portion fluide, le *plasma*, et d'une portion solide, elle-même composée de corpuscules microscopiques ou *globules* rouges et blancs qui, nageant dans ce plasma, sont entraînés avec lui dans le torrent circulatoire.

C'est à la *fibrine* dissoute dans le plasma qu'est due la coagulation spontanée du sang une fois qu'il est sorti des vaisseaux : dans le *caillot* ainsi formé sont également contenus les *globules sanguins*, blancs et rouges. Du reste, cette coagulation s'accomplit sans le concours des agents extérieurs : elle a lieu dans les gaz qui n'ont pas d'action chimique intense sur le sang, dans le vide de la machine pneumatique, et parfois, durant la vie, dans les vaisseaux eux-mêmes.

La partie liquide du sang vivant, ou *plasma*, tient en dissolution ou bien en suspension, à l'aide de l'*eau*, les corps suivants : *fibrine*, *albumine*, caséine, globuline, hématosine, albuminose ; *glycose*, *matières grasses* (oléine, margarine, oléate et margarate de soude, séroline, cholestérine, graisse dite phosphorée) ; matières extractives (créatine, créatinine, etc.) ; urée ; acides urique, hippurique, lactique, butyrique et acétique en combinaison avec la soude, c'est-à-dire à l'état de sel ; un grand nombre d'autres *sels* comme phosphate, sous-carbonate et chlorhydrate de soude, phosphate et sous-carbonate de chaux et de magnésie, chlorhydrate et sulfate de potasse ; puis fer, manganèse ; soude libre ; enfin trois gaz qui se trouvent aussi dans l'air (oxygène, azote et acide carbonique).

Tel est, en ce qui concerne la composition du sang, le dénombrement des matières ou des éléments signalés, jusqu'à ce jour, par les chimistes.

Il reste une tâche importante à remplir, celle de grouper des substances aussi nombreuses, d'après leur nature, leurs analogies, leur origine et leur destination, en s'appliquant surtout à distinguer les parties réellement constituantes du sang de celles qui ne sont qu'accessoires.

Et d'abord, la simple énumération qui précède nous apprend déjà que le sang se compose de quatre ordres de substances qu'on retrouve aussi, avec des proportions déterminées, dans la constitution de tout aliment *complet* (le lait, par exemple) ; à savoir : 1° de *substances albuminoïdes* ou protéiques (fibrine, albumine, etc.) qui servent à la rénovation des tissus et rendent le sang lui-même coagulable spontanément ou par la chaleur ; 2° d'un *principe sucré* ou d'un dérivé de ce principe, comme sont les acides lactique, butyrique, etc. ; 3° de *matières grasses* qui, avec le principe sucré, concourent à l'accomplissement de la respiration et au développement de la chaleur animale ; 4° de certains *éléments minéraux* ou *salins* qui sont essentiels à l'organisme et communiquent au sang des propriétés chimiques et organoleptiques particulières.

Cette composition qui, envisagée d'une manière générale, tend à rapprocher le *sang* de l'aliment type ou complet, est d'ailleurs bien en rapport aussi avec

la destination physiologique de ce fluide qui renferme, en outre, la plupart des substances ou les éléments des substances destinées aux diverses sécrétions.

A. — Nous commencerons notre examen par les matières que rapproche une identité presque parfaite de composition, c'est-à-dire la *fibrine*, l'*albumine* et la *caséine*, auxquelles nous joindrons l'*albuminose*, la *globuline*, et l'*hématosine* ou matière colorante des globules sanguins.

On sait que ces trois premières substances albuminoïdes, qui existent non-seulement dans le sang, mais dans bien d'autres fluides ou solides de l'organisme animal, ont d'abord pour caractère commun de renfermer du *soufre* et du *phosphore* parmi leurs éléments. Elles paraissent posséder presque la même constitution chimique, et ne différer que par leur état physique ou par la nature des parties minérales avec lesquelles elles sont si bien unies qu'on ne parvient presque jamais à les en purifier. C'est en vertu de leur extrême altérabilité et de l'équilibre chimique fort instable de leurs molécules, que ces trois principes immédiats azotés du sang constituent les véritables médiateurs des transmutations organiques, et prennent ainsi part aux fonctions les plus importantes : on les appelle souvent les *principes plastiques* du sang, parce que ce sont eux qui sont susceptibles de s'organiser et de constituer les parties vivantes de l'économie. Quant à la similitude de leur composition, sur laquelle Liebig a particulièrement insisté, elle explique comment, dans l'économie, ils peuvent et doivent passer avec la plus grande facilité de l'un à l'autre. Divers chimistes supposent qu'ils sont composés du même radical, *protéine* (*) et de très faibles quantités de soufre et de phosphore ; mais, suivant d'autres, rien ne prouve la préexistence de la protéine, qui semblerait être plutôt un produit de l'action des alcalis.

La *fibrine* ne peut être isolée du sang qu'à l'état coagulé et insoluble, bien que ce liquide la renferme en dissolution. Dans 1000 grammes de sang humain, il n'existe guère, en moyenne, que 2 ou 3 grammes de fibrine desséchée. Du reste, au point de vue de la proportion de ce principe comme des autres, il y a, pour le sang de chaque espèce d'animal une constitution donnée, inhérente à cette espèce, qui est pour elle l'état de santé, et qui, pour une autre espèce, serait la maladie (Andral et Gavarret) (1).

On n'a pas encore réussi à obtenir la fibrine du sang parfaitement pure ; en effet, elle retient toujours, lors de sa coagulation, quelques éléments solides de ce fluide, et en particulier des matières grasses et des globules. Ses cendres sont ferrugineuses.

Par une longue ébullition, la fibrine provenant du sang absorbe de l'oxygène et devient en partie soluble ; elle peut même le devenir entièrement, si, extraite du sang des jeunes animaux, elle est soumise à l'action d'une chaleur faible, mais prolongée : une fois dissoute, elle présente les caractères de l'albumine.

L'*albumine* est, comme la fibrine, en dissolution dans le plasma ou liqueur du sang ; mais, tandis que, par le repos, la première se prend en gelée ou se coagule,

(*) De πρῶτος, premier, qui tient le premier rang.

(1) ANDRAL, GAVARRET et DELAFOND, *Recherches sur la composition du sang de quelques animaux domestiques dans l'état de santé et de maladie* (*Annales de chimie et de physique*, 3e série, t. V, 1842).

la seconde reste dissoute dans le sérum où d'ailleurs elle est réputée ne point se trouver à l'état d'albumine libre. Le sérum du sang serait, en majeure partie, composé d'albuminate de soude mélangé surtout avec le sel marin et le phosphate de chaux. Sur 1000 grammes de *sérum*, il y a, en moyenne, 80 grammes d'*albumine* sèche, et 68 à 70 sur 1000 de sang.

Les considérations suivantes sont de nature à faire pressentir toute l'importance du rôle dévolu à l'albumine.

La fibrine ne paraît être qu'un premier degré d'oxydation de l'albumine. Ce qu'il y a de certain, c'est que, dans l'œuf des ovipares, la fibrine procède évidemment de l'albumine qui existe seule dans l'origine, et sa formation coïncide avec l'établissement de la respiration, c'est-à-dire avec l'absorption d'oxygène. A propos de ces métamorphoses des matières albuminoïdes les unes dans les autres, métamorphoses si dignes d'intérêt au point de vue qui nous occupe, il importe également de rappeler que l'albumine, par l'addition d'un peu d'alcali libre, acquiert les caractères de la *caséine* (autre principe immédiat du sang), et que, dans la putréfaction de la fibrine, il se produit, entre autres corps, une substance qui présente la composition et tous les caractères de l'albumine. Quand on considère que, comme il vient d'être dit, pendant l'incubation de l'œuf, l'albumine paraît se transformer en fibrine et donner naissance, avec le concours de l'oxygène atmosphérique, à toutes les substances azotées de l'organisation animale rudimentaire, et qu'après cette époque l'albumine semble être encore comme la source et la base de toute la série de tissus particuliers qui sont le siége des activités organiques, il ne faut pas trop s'étonner qu'aux yeux de certains physiologistes la digestion ait paru avoir pour but essentiel de réduire tout en *albumine*, et de transformer en ce principe du sang tous les aliments, y compris ceux qui n'en contiennent pas la moindre trace avant de subir l'influence digestive. A propos de cette opinion, nous avons dit précédemment (voy. le chap. *Digestion*) où est l'exagération, où est l'erreur.

La *caséine*, qui, sauf une proportion moindre de soufre, renferme les mêmes éléments que l'albumine ou la fibrine, et à peu près dans les mêmes proportions, est aussi admise comme un des principes azotés du sang normal (1). Sur 1000 parties de sérum desséché, il y avait de 4 à 7 parties de caséine chez trois hommes ; 5,5 à 12,50 chez huit femmes ; 9,90 à 12,70 chez différentes femmes en couches et 6,50 à 7,10 chez des nourrices (2). L'augmentation dans la proportion de caséine a paru coïncider, en certains cas, avec une diminution dans celle de l'albumine ; fait qui viendrait aussi confirmer la possibilité de transformations naturelles des matières albuminoïdes les unes dans les autres. C'est à tort que la caséine du sang avait été d'abord confondue avec l'*albuminose*, dont il sera question plus loin.

La caséine tire-t-elle en partie ses matériaux de formation de l'albumine du sang? On ne saurait positivement affirmer si elle se forme seulement dans les glandes mammaires, ou si elle prend naissance déjà dans le sang lui-même : rappelons que nous avons déjà vu qu'il suffisait d'ajouter un peu d'alcali libre à

(1) NATALIS GUILLOT et F. LEBLANC, *Comptes rendus des séances de l'Acad. des sc. de Paris*, t. XXXI, p. 585, année 1850.

(2) PANUM (de Copenhague), *Ueber ein Constantin mit dem Casein uebereinstimmenden Bestandtheil des Blutes* (*Arch. für patholog. Anat.* von VIRCHOW und REINHARDT, 1850, t. III, p. 251, et t. IV, p. 17).

l'albumine pour lui faire acquérir les caractères de la *caséine*. Ce principe azoté et nutritif du lait (boisson si parfaite que, dans le jeune âge, elle peut servir, seule, à nourrir les herbivores aussi bien que les carnivores) doit fournir au jeune animal les parties azotées de son sang, et constituer nécessairement la matière première aux dépens de laquelle vont se développer ses divers organes; car ni le beurre, ni le sucre de lait ne renferment d'azote (*), et il est généralement admis que l'azote de l'atmosphère ne trouve pas d'emploi dans ce développement organique.

Ainsi, pendant l'incubation de l'œuf, si, comme nous en faisions la remarque plus haut, l'albumine, alors seule existante, paraît se transformer en fibrine et de plus donner naissance, avec le concours de l'oxygène atmosphérique, à toutes les parties azotées de l'organisme, après cette époque pareil rôle, celui de fournir aux tissus des jeunes mammifères les éléments nécessaires pour se développer, reviendrait *surtout* à la caséine durant une certaine période.

Par sa nature azotée, la *caséine* semble donc appelée à jouer, dans la nutrition, un rôle considérable et parallèle à celui de l'albumine de l'œuf et du sang.

La *globuline* semble n'être autre chose qu'une combinaison encore assez peu connue d'albumine et de fibrine, réunie dans les globules rouges du sang à une certaine proportion de matière colorante. Elle ne se rencontre que dans ces globules qu'elle constitue en grande partie. La globuline, insoluble dans le sérum, est, au dire de quelques observateurs, unie molécule à molécule à la matière colorante du sang (*hématosine*) et à quelques sels et matières grasses, sans qu'il soit démontré qu'une enveloppe vésiculaire existe pour renfermer ces derniers principes. On sait que la globuline est au contraire soluble dans l'eau; de là, la disparition des globules sanguins quand on les plonge dans ce liquide. Dans la dissolution de certains sels, notamment du sulfate de soude, la globuline ne se dissout pas plus que dans le sérum du sang.

L'*hématosine*, qui est essentiellement caractérisée par sa couleur rouge, concourt avec la globuline à la formation de l'élément organique par excellence, du *globule sanguin*.

Cette substance, composée d'oxygène, d'hydrogène, de carbone et d'azote, renferme une grande proportion de *fer* (environ 7 pour 100 de son poids) qu'on obtient par incinération à l'état d'oxyde de fer. Aussi, dans la composition du sang, le fer est-il considéré comme un élément de premier ordre. Nul doute que les matières alimentaires ou l'eau ingérée ne l'introduisent habituellement en quantité suffisante pour les besoins de l'économie; mais chacun sait que parfois on est obligé de l'ajouter au régime pour remédier à une altération fondamentale du sang, consistant dans la diminution ou l'appauvrissement de ses globules. La proportion trop minime de ce principe minéral amène les désordres les plus graves dans la santé: ses usages doivent, en effet, être des plus importants, puisqu'on le découvre aussi jusque dans les cendres du lait et de l'œuf. Mais, jusqu'à présent, ils sont loin d'avoir été suffisamment expliqués, et, à leur sujet, la science ne possède encore que des données bien incertaines.

(*) D'après LEHMANN, on ne rencontrerait l'*albumine* dans le lait qu'à la suite des affections inflammatoires des glandes mammaires. Pourtant DOYÈRE et d'autres l'y admettent comme principe normal et constant.

Les globules rouges du sang de l'homme renferment de 16 à 17 pour 100 d'hématosine (Lehmann); la globuline, qui prend une si grande part à leur constitution, quelques sels et des principes gras font le reste. Berzelius (1) désigne la combinaison de l'hématosine avec la partie incolore des corpuscules du sang ou globuline, sous le nom de *rouge du sang*.

Comme la globuline, l'hématosine est soluble dans l'eau. Le charbon animal la retient et décolore complétement les liquides qui en renferment. Une fois extraite du sang, elle est altérée, transformée et a perdu sa belle couleur caractéristique; elle s'offre alors comme une masse amorphe, pulvérulente, brunâtre, insoluble dans l'eau, mais soluble dans l'alcool bouillant et l'éther. Du reste, à cet état, elle représente tout aussi bien la matière colorante du sang, que la fibrine coagulée, par exemple, représente la fibrine dissoute ou suspendue dans ce liquide.

Suivant Berzelius (2), l'hématosine, si soluble dans l'eau pure, ne se trouve pas en dissolution dans le sang, mais seulement en suspension; ce qui est dû à la présence simultanée, dans le sérum, de l'albumine et du sel marin à un certain degré de concentration. Le sérum du sang paraît, à cet effet, contenir un minimum de sel marin; car, lorsqu'on l'étend d'eau, les corpuscules sanguins, c'est-à-dire la globuline et l'hématosine, se dissolvent en raison directe de l'eau ajoutée.

L'hématosine possède la propriété d'acquérir une couleur rouge plus intense par le contact de l'air atmosphérique et surtout du gaz oxygène; elle passe presque au noir ou au brun noirâtre, quand on emploie les gaz hydrogène, acide carbonique, acide sulfureux, etc. Du reste, l'absorption de l'oxygène est une des conditions essentielles à la formation de ce principe organique.

Quant aux *globules sanguins* eux-mêmes, dont nous connaissons déjà en partie la constitution, ils sont de deux espèces, les uns blancs et les autres rouges.

Les *globules blancs*, qui sont très peu nombreux relativement aux globules rouges, ont une forme plus sensiblement sphérique et un diamètre plus considérable que ces derniers. Ils paraissent n'être autre chose que des globules de chyle ou de lymphe qui n'ont point encore disparu. Granuleux à leur surface, ils renferment un ou plusieurs noyaux arrondis, ovales ou réniformes. Plus légers que les globules colorés, ils demeurent, pour cette raison, en partie suspendus dans le sérum, ou bien se rassemblent de préférence dans les couches supérieures du cruor. Pour 200 globules colorés, on trouve environ 1 globule incolore dans le sang normal.

Les *globules rouges* du sang de la plupart des mammifères sont de petits disques aplatis: ils sont elliptiques chez les oiseaux, les reptiles et les poissons. Leur diamètre varie suivant l'espèce de l'animal. Assez généralement on les dit constitués par une enveloppe et un contenu coloré: tandis que certains observateurs, niant toute enveloppe vésiculaire, les considèrent comme formés par une masse homogène (globuline) qui serait unie molécule à molécule à la matière colorante (hématosine) et à une certaine quantité de graisse et de sels. Quoi qu'il en soit, les substances albuminoïdes et azotées, qui constituent essentiellement les globules rouges du sang, nous sont déjà connues, et nous savons que ce paraît être une nécessité physique que l'oxygène de l'air soit chimiquement absorbé par ces substances. Rappe-

(1) *Traité de chimie*, t. III, p. 526, édit. de Valérius. Bruxelles, 1839.
(2) *Ouvr.* et *édit. cit.*, t. III, p. 531.

lons encore qu'une quantité notable des matières grasses du sang se trouve dans les globules ; elle s'élève dans les globules humides de 0,2 à 3,0 pour 100. Ces matières grasses consisteraient surtout en graisses phosphorées. Enfin, quant aux éléments inorganiques, les phosphates et les sels de potasse existeraient, dans les globules, en proportions bien plus considérables que les chlorures et les sels de soude qui, au contraire, abondent dans le sérum (Lehmann, Schmidt).

Dans 1000 grammes de sang, on trouve, en moyenne, 130 grammes de globules desséchés ; et, dans cette dernière quantité, l'hématosine figure pour environ 2 grammes.

Nous aurons occasion de revenir plus tard sur les globules sanguins et d'en donner la description détaillée.

L'*albuminose*, produit unique, quoiqu'un peu diversifié dans ses réactions, en lequel on admet aujourd'hui que tous les aliments albuminoïdes ou azotés se convertissent, existe dans la masse générale du sang où les veines intestinales l'introduisent par voie d'absorption, et forme, d'après quelques auteurs, une des parties constituantes de ce fluide. Il en est de même de la *glycose* et de l'acide lactique (*), deux produits qui résultent de la transmutation plus ou moins avancée des aliments féculents et sucrés, et à la formation desquels il est admis que les principes albuminoïdes ou azotés eux-mêmes ne demeurent pas étrangers.

Mais il y a eu quelque incertitude pour savoir si l'on doit mettre ces produits au nombre des parties qui entrent dans la composition permanente du sang, attendu qu'ils paraissent (surtout la *glycose*) y être bien promptement détruits par l'oxygène contenu dans ce liquide.

La même réflexion a été faite relativement aux *matières grasses* du sang, qui, d'une manière directe ou indirecte, proviennent aussi des aliments. On sait que les principes gras ont une mission physiologique particulière ; ils contribuent, plus que toute autre substance, à produire et à conserver la chaleur animale. La glycose, qui peut aussi concourir au développement de cette même chaleur, est susceptible, par sa combustion dans l'organisme, de s'exhaler à l'état d'acide carbonique et de vapeur d'eau, comme font également les matières grasses en pareil cas. Seulement le pouvoir calorifique de ces dernières, qui fournissent deux éléments combustibles (*carbone* et *hydrogène*) l'emporte sur celui de la glycose qui n'en offre qu'un seul à considérer dans son action, puisque sa constitution se représente assez exactement par du *carbone* et de l'eau.

B. — Les *matières grasses* du sang, qui se trouvent à la fois dans le plasma et dans les globules, sont réputées être en plus grande proportion dans ces derniers. Elles comprennent des substances qui sont loin d'avoir les mêmes propriétés et une composition analogue : tels sont la séroline, la cholestérine, les acides margarique et oléique, les oléate et margarate de soude, la matière grasse dite phosphorée.

La *séroline* n'a été rencontrée, jusqu'à présent, que dans le sang où elle se trouve dissoute en très petite proportion (en moyenne 0,020 pour 1000). C'est sous l'aspect d'une matière blanche nacrée qu'on la voit se précipiter par refroidissement de la décoction alcoolique du sang. Elle diffère de la stéarine et de l'oléine en ce qu'elle n'est pas saponifiable, c'est-à-dire qu'elle ne se dédouble pas en acide

(*) L'*acide lactique* passe facilement à l'état de lactate de soude dans le sang, par suite de la décomposition du carbonate de soude.

et en substance grasse neutre au contact des alcalis. On ignore sa composition élémentaire et son rôle physiologique.

Quant à la *cholestérine*, elle figure aussi dans les analyses quantitatives du sang de l'homme, à l'état normal, pour une bien faible fraction : moyenne, 0,088 ; maximum, 0,175 ; minimum, 0,030, pour 1000. On la retrouve d'ailleurs dans un assez grand nombre d'autres produits de l'organisme animal. Bien que douée des caractères physiques des corps gras, la cholestérine ne se saponifie point. Elle est insoluble dans l'eau, et l'on ne peut dire à l'aide de quel principe elle est tenue en dissolution dans le sérum du sang. L'alcool bouillant enlève cette matière au sérum évaporé à sec et préalablement épuisé par l'eau bouillante. La cholestérine du sang est-elle un de ces produits destinés à être expulsés de l'économie, et, par conséquent, dépourvus d'action immédiate sur l'économie elle-même? Sa destination est tout à fait inconnue.

Les *acides margarique* et *oléique*, qui existent à l'état libre dans le sang, s'obtiennent en traitant par l'alcool froid l'extrait éthéré du sérum du sang; on sépare ensuite l'un de l'autre par les procédés ordinaires. L'existence de ces deux acides libres dans un liquide alcalin s'explique quand on sait que, à la température de 38 degrés centigrades, ils sont sans aucune action sur les carbonates alcalins du sérum.

L'*oléate* et le *margarate de soude* sont deux autres principes qui peuvent être retirés immédiatement du sang, auquel ils n'appartiennent pas d'une manière exclusive ; on les rencontre dans d'autres liquides organiques, notamment dans la bile. L'oléate de soude concourt à maintenir en dissolution les deux précédents acides gras ainsi que les autres substances grasses du sang. Quant au margarate de soude, beaucoup moins soluble que l'oléate, il est présumable que les autres principes gras du liquide sanguin, et aussi les sels, concourent à sa dissolution.

Enfin, vient la *matière grasse* dite *phosphorée* qui, d'après Cahours (1) serait « en partie constituée par du savon de soude mélangé d'un peu de graisse non saponifiable et de chlorure de sodium » sans trace aucune de phosphore. Sa réaction est faiblement alcaline. A propos de l'existence d'une matière grasse phosphorée dans le sang, Berzelius (2) résume son opinion en ces termes : « En rassemblant tous ces faits épars, on voit qu'aucune graisse *contenant du phosphore* n'accompagne la fibrine et l'albumine, et que les graisses extraites de ces deux matières ne sont pas parfaitement identiques. Il paraît résulter de là que chacune des parties constituantes albumineuses du sang est accompagnée d'une graisse particulière, et que celles qui contiennent du phosphore doivent accompagner les corpuscules du sang, puisqu'elles n'appartiennent ni à la fibrine ni à l'albumine. »

Quoique la science ne possède rien de bien précis à cet égard, on croit pourtant assez généralement que les graisses phosphorées sont confinées dans les globules, tandis que les précédents acides gras, puis la cholestérine et la séroline, se trouvent en majeure partie, sinon en totalité, dans le plasma.

Les matières grasses qui, sur 1000 grammes de sang, sont généralement représentées par 2 à 3 grammes, peuvent s'élever, durant la période digestive, jusqu'à 12 et 18 grammes; ce dernier cas ne s'observe que chez l'animal qui a surtout fait usage d'aliments gras.

(1) Cité dans le *Traité de chimie pathologique*, p. 61, par A. Becquerel et Rodier. Paris, 1854.
(2) *Traité de chimie*, t. III, p. 538, édit. de Valérius. Bruxelles, 1839.

C. — Les meilleures analyses quantitatives du sang démontrent que ce fluide contient, outre les principes organiques qui précèdent, d'autres matières dont la nature reste le plus souvent inconnue et qu'on désigne sous le nom de *matières extractives*. Les unes sont solubles dans l'eau et l'alcool, les autres sont solubles dans l'eau et insolubles dans l'alcool. En général elles sont incristallisables, et ne paraissent guère être autre chose que des produits dérivés des substances albuminoïdes et représentant parfois le premier degré des combustions éliminatoires. On les rencontre d'ailleurs en faibles proportions dans le sang. C'est parmi ces derniers produits qu'on a coutume de classer, par exemple, la *créatine* et la *créatinine* (*).

La *créatine* (κρέας chair), qu'on peut retirer des muscles volontaires des animaux des quatre classes de vertébrés, en traitant avec de l'alcool l'extrait aqueux de viande desséché dans le vide, se trouve également dans le sang et dans l'urine. Insipide, inodore, cristallisable en prismes rectangulaires, la créatine est, comme on dit, une substance chimique indifférente, c'est-à-dire qu'elle ne joue ni le rôle d'acide ni le rôle de base. Elle se forme évidemment dans le tissu musculaire, où elle est reprise par les vaisseaux qui l'apportent dans le sang, pour être expulsée avec les urines comme l'urée. Aussi répugne-t-il de considérer une pareille substance comme autre chose qu'un produit d'excrétion, et d'en faire, par exemple, un élément nutritif propre au sang.

La *créatinine*, qu'on peut préparer artificiellement au moyen de la créatine, s'en distingue par une réaction fortement alcaline; mais on la trouve aussi dans les muscles comme alcaloïde résultant de la désassimilation de leurs principes organiques, *dans le sang*, et surtout, en plus grande abondance que la créatine, dans le liquide urinaire. Sa présence dans l'économie paraît due à une transformation de la créatine, et son caractère de substance excrémentitielle est des plus manifestes.

L'*urée* doit être comprise parmi les éléments normaux du sang. Elle joue aussi surtout le rôle de produit excrémentitiel, et il ne paraît guère que ce soit à un autre titre qu'elle concourt à la composition de ce fluide.

On se rappelle que la présence de l'urée dans le sang a été constatée par Prévost et Dumas (1), après la suppression de la sécrétion urinaire, c'est-à-dire en arrêtant le travail par lequel ce principe immédiat est ordinairement éliminé de l'organisme à mesure qu'il s'y forme. Son existence, *dans le sang normal*, a été reconnue d'abord par Marchand (2), puis confirmée par Simon (3), Strahl (4), Hervier (5), Verdeil et Ch. Dollfus (6), et tout récemment par Jos. Picard (7).

(*) La découverte de la présence de la *créatine* et de la *créatinine* dans le sang est due à Verdeil et W. Marcet (*Recherches sur les principes immédiats qui composent le sang de l'homme et des principaux mammifères*, dans *Journal de chimie et de pharmacie*, t. XX, p. 89, année 1851).

(1) *Annales de chimie et de physique*, 1823, t. XXIII, p. 90.

(2) *Annales des sc. nat.*, 1838, 2e sér., t. X, p. 46.

(3) Müller's *Archiv*, 1841.

(4) *Archiv. für physiol. und pathol. Chemie und Mikrosk.* von Heller, 1847, t. IV, p. 558.

(5) *De l'existence habituelle de l'urée et de l'acide hippurique dans le sang normal de l'homme*, p. 502 (*Gazette méd. de Paris*, 1851, p. 76).

(6) *Gazette méd. de Paris*, 1850, p. 439. — Mém. communiq. à l'Acad. des sc. de Paris, séance du 3 juin 1850.

(7) *De la présence de l'urée dans le sang et de sa diffusion dans l'organisme*, etc., p. 22 et suiv. (Thèses de Strasbourg, n° 375, année 1856).

Sa proportion, dans le sang normal, serait de 0,018 pour 100 d'après Marchand, et de 0,016 selon J. Picard. Cette proportion pourra paraître bien forte.

On a également trouvé dans ce fluide, d'une manière constante, l'*acide hippurique* combiné avec de la soude (1) : cette substance est destinée, surtout chez les mammifères herbivores, à être expulsée par la sécrétion urinaire. Quant à l'*acide urique*, qui est regardé comme le produit d'un travail de combustion éliminatoire moins avancée que pour l'urée, et dont il faut sans doute rapporter l'origine à une oxydation incomplète des vrais principes immédiats du sang, il ne paraît avoir été rencontré, jusqu'à présent, dans ce liquide, que dans quelques cas pathologiques (2), et en combinaison avec la soude. L'acide urique qui accompagne l'urée dans les évacuations urinaires, existe probablement aussi dans le sang normal, mais en trop minime proportion pour qu'on ait pu encore l'y reconnaître.

Divers autres acides (également combinés avec la soude ou la potasse), qui se développent si facilement toutes les fois que des principes organiques neutres, azotés ou non azotés, sont soumis à l'action des réactifs oxydants, ont encore été signalés dans le sang : tels sont les acides *acétique*, *lactique* et *butyrique*.

D. — Parmi les *principes minéraux* du sang figurent surtout : le *fer*, dont il a déjà été parlé à propos de l'hématosine ; le *chlorure de sodium*, qui y est très abondant, et, par cela même, devra arrêter un instant notre attention ; puis le *carbonate de soude* (28,9 pour 100 de cendres), le *chlorure de potassium* (environ 4 pour 100), le *phosphate de soude* (à peu près 3 pour 100) ; le *sulfate de potasse*, dont la quantité dépend surtout du mode d'incinération ; et enfin, le *phosphate de chaux*, qui, comme le chlorure de sodium, le phosphate et le carbonate de soude, peut donner lieu à quelques considérations physiologiques dignes d'intérêt.

Tous ces principes inorganiques sont assez inégalement répartis dans les globules et dans le plasma. On a constaté que la presque totalité des sels à base de potasse se trouve dans les globules, tandis que la soude et ses sels sont quatre fois plus abondants dans le plasma que dans ces corpuscules. Enfin, les phosphates terreux se rencontrent en plus grande proportion dans le plasma, tandis que la totalité du fer que le sang renferme appartient aux globules.

Le *chlorure de sodium* (sel marin) représente un des principes constitutifs les plus importants du sang. On le trouve aussi dans toutes les parties, solides ou liquides, de l'économie animale. La quantité contenue dans le sang d'homme, de veau, de bœuf, de mouton, de porc, s'élève à 50 ou 60 centièmes du poids total des cendres ; et, chose digne de remarque, ses proportions, presque constantes, paraissent à peine augmenter en raison de la quantité de sel ingéré par les aliments, le surplus s'échappant du corps par les fécès, les urines, la sueur, etc. Comme le fait observer Liebig (3), cela semble indiquer, dans les vaisseaux sanguins, une action particulière qui s'oppose à la fois à la diminution et à l'augmentation du sel marin, puisque la proportion ne s'en élève pas au delà d'une certaine limite. Le sel marin n'est donc pas, pour le sang, un principe accidentel, mais un principe constant, et il s'y trouve dans un rapport jusqu'à un certain point invariable.

(1) Verdeil et Ch. Dollfus, *Mém. de la Soc. de biologie*, 1850, t. II, p. 79.
(2) Garrod, *Transact. of the Med. Chir. Soc. of London*, 1848, t. XXXV, p. 83.
(3) *Nouvelles Lettres sur la chimie*, trad. franç., p. 181.

Cette abondance, cette sorte de diffusion du chlorure de sodium, dans tous les liquides de l'organisme, et par suite dans tous les tissus que ceux-ci imprègnent, porte bien à croire qu'un pareil sel ne saurait avoir un rôle secondaire, mais qu'il doit être un facteur important dans plus d'une réaction de l'organisme.

En effet, il résulte de nombreuses expériences faites sur les animaux (*) et d'observations recueillies sur des individus de notre propre espèce, que la suppression ou une notable diminution du sel marin, dans le régime, finit par amener une altération grave de la santé. Barbier (1) rapporte que des seigneurs russes, ayant fait supprimer le sel dans l'alimentation de leurs vassaux, ceux-ci tombèrent dans un état de langueur et de faiblesse extrêmes, avec pâleur de la peau, tendance à l'œdème des membres inférieurs, génération d'helminthes dans le tube digestif, etc., enfin, avec les symptômes de l'*anémie* par diminution de la proportion des globules et de l'albumine du sang. Le même auteur fait cette remarque, qui n'est pas sans portée, que la privation du sel n'a jamais pu passer dans les austérités du cloître. Plouviez (2), qui considère le sel marin comme une matière alimentaire indispensable et destinée à donner plus de force et de vigueur que d'embonpoint, a constaté, à l'aide de ses propres recherches, l'influence fâcheuse d'une alimentation privée de sel sur la composition du sang.

Plusieurs usages, au sein de l'organisme animal, sont attribués au chlorure de sodium : ce sel influence, dit-on, la constitution de la bile ou d'autres liquides alcalins auxquels, par sa soude, il donne leur alcalinité, et la composition du suc gastrique, auquel il fournit l'acide chlorhydrique ; sans cesse introduit dans le sang et mêlé à l'albumine, il concourt avec elle à prévenir la dissolution des globules sanguins, favorisant, au contraire, la dissolution de certains éléments organiques et leurs métamorphoses en présence de l'oxygène (**) ; il convertit en phosphate de soude une partie du phosphate de potasse, que les aliments et la résorption opérée dans les muscles introduisent dans le sang; enfin, à cause de la constance de ses proportions dans ce fluide, il contribue puissamment à des actes physiques d'endosmose et d'exosmose, c'est-à-dire à l'*absorption* à travers les membranes.

Évidemment, il y a encore là plus de conjectures que de vérités rigoureusement établies.

Le *phosphate de chaux*, comme le chlorure de sodium, est un sel dont la présence dans le sang est constante, et dont les proportions y sont aussi à peu près invariables. Insoluble dans l'eau, il est néanmoins à l'état liquide dans le sang et dans bien d'autres fluides organiques, tantôt libre, tantôt combiné avec des matières albumineuses. C'est à l'aide de l'acide carbonique du sang qu'il devient sensiblement soluble ; les bicarbonates alcalins et le chlorure de sodium contribuent aussi à en dissoudre une partie.

(*) Voyez plus haut le chapitre ALIMENTS, p. 77.

(1) *Note sur le mélange du sel marin aux aliments de l'homme*, dans *Gaz. méd. de Paris*, 1838, p. 301.

(2) *Bulletin de l'Académie de médecine de Paris*, t. XIV, p. 1021 et 1077.

(**) L'*albumine* est regardée comme devant en partie sa solubilité dans les humeurs au chlorure de sodium qui dissout également la *caséine*. — Les recherches de CALLOUD (*Journal de pharmacie*, t. XI, p. 562), confirmées par celles de PELIGOT, BRUNNER, ERDMANN et LEHMANN, ont appris que le chlorure de sodium forme avec la *glycose* une combinaison définie et cristalline ; on sait qu'il se comporte d'une manière analogue avec l'*urée*, ce produit ultime de certaines transmutations organiques. Aussi, dans l'économie animale, ces deux produits sont-ils généralement accompagnés d'une certaine quantité de chlorure de sodium : de là l'hypothèse que ce sel doit contribuer, jusqu'à un certain point, aux transformations du sucre, à la sécrétion et à l'élimination de l'urée.

Le phosphate de chaux, chez l'embryon, est transmis par endosmose avec les autres matériaux nutritifs qu'apporte le sang maternel ; plus tard, il provient du lait et des autres aliments végétaux ou animaux.

C'est principalement par les urines que disparaît l'excès de phosphate calcaire qui, ne devant plus faire partie du sang et des tissus, sera lui-même bientôt remplacé. On s'explique facilement pourquoi le phosphate de chaux manque si souvent dans l'urine des femmes enceintes pendant les derniers mois de la grossesse. Pour comprendre aussi la fâcheuse influence qui résulte, pour les os, de sa suppression dans le régime (1), il suffit de se rappeler quelle proportion considérable de phosphate calcaire le système osseux renferme.

Mais on a été plus loin, et, en se fondant sur l'expérimentation, on a été amené à conclure que le rôle du phosphate de chaux dans l'organisme ne se bornerait point seulement à *nourrir* le système osseux, puisque la privation absolue de ce sel pourrait amener la mort par inanition ; son ingestion insuffisante avec les aliments ferait naître la série des maladies dites lymphatiques (2).

Quant au *phosphate de soude* (à peu près 3 pour 100 de cendres), on admet qu'il favorise singulièrement l'absorption et la dissolution de l'acide carbonique par le sang veineux, et consécutivement l'élimination de cet acide hors de l'organisme.

Le *carbonate de soude*, dont la quantité dans le sang dépasse de beaucoup celle du phosphate de soude, puisqu'elle s'élève à environ 28 centièmes du poids total des cendres, est réputé se décomposer facilement, dans le sang lui-même, sous l'influence de l'*acide lactique* qui provient des métamorphoses des aliments féculents ou azotés ; de là, formation de *lactate de soude* et dégagement d'acide carbonique dans le système vasculaire.

L'*eau*, dont la présence est indispensable à tout ce qui est vivant et organisé, maintient le sang dans l'état de fluidité nécessaire à la circulation, comme elle maintient les différents tissus dans l'état de mollesse ou de souplesse nécessité par leurs usages. L'eau constitue la plus grande partie de la masse du sang, puisqu'elle représente près des quatre cinquièmes du poids total de ce liquide, et que souvent même elle s'y trouve en proportion plus considérable. Il importe de savoir que non-seulement, dans le plasma, elle tient en dissolution tous les matériaux solubles du sang, mais que de plus, infiltrant la substance des globules, elle entre dans leur constitution. Schmidt (3), de Dorpat, évalue la quantité d'eau renfermée dans ces corpuscules à 68 ou 69 pour 100 de leur volume (*).

Enfin, pour terminer ce qui est relatif à la composition du sang, il nous reste à parler des gaz contenus dans ce liquide, et à exposer les caractères différentiels du sang veineux et du sang artériel.

(1) Voy. l'exposé des expériences de CHOSSAT, à ce sujet, dans notre chapitre ALIMENTS, p. 80.

(2) MOURIÈS, *Rôle du phosphate de chaux et des chlorures alcalins dans certains cas d'alimentation insuffisante* (Rapport de BOUCHARDAT à l'Académie de médecine de Paris, déc. 1853).

(3) *Charakteristik der epidem. Cholera*, 1850.

(*) Parmi les *principes minéraux* du sang, on a encore rangé, sans preuves suffisantes, le *cuivre*, le *plomb*, le *fluor*. Il est peut-être permis d'en dire autant de la *silice*, admise par MILLON (*Comptes rendus des séances de l'Acad. des sc. de Paris*, 1848, t. XXVI, p. 41), et du *manganèse*, signalé par WÜRTZER (*Schweigger's Journ. für Chem.*, 1830, t. LVIII, p. 481), et par BURDIN DU BUISSON (*Revue méd.*, 1852, t. I, p. 201).

E. — La *présence de gaz dans le sang*, déjà signalée vers la fin du dix-septième siècle par J. Mayow (1), constatée de nouveau à la fin du dix-huitième (1799) par Humphry Davy (2), et, plus tard, par Vogel (3), Brande (4), Hoffman (5), W. Stevens (6), etc., trouva quelques contradicteurs (John Davy, Mitscherlich, Gmelin, Tiedemann, etc.), jusqu'en 1837, époque où Magnus (7) réussit à la mettre hors de doute par des expériences d'une irrécusable exactitude.

De ces dernières expériences, faites en partie sous le récipient de la machine pneumatique, et sur lesquelles se fonde la théorie de l'échange des gaz dans les poumons, il résulte que les corps gazeux contenus dans le sang sont au nombre de trois : l'*oxygène*, l'*azote* et l'*acide carbonique*.

En ce qui regarde spécialement l'*oxygène*, il paraît difficile d'admettre une simple dissolution de ce gaz dans le sang. On sait, en effet, que la quantité en poids d'un gaz dissous dans l'eau est toujours proportionnelle à la pression extérieure ; or, en appliquant cette loi au cas dont il s'agit, on arriverait à cette conséquence que le sang des habitants des régions où la pression atmosphérique n'est plus guère que de 0^{m},380 (comme pour certaines localités citées plus haut, p. 475) renfermerait moitié moins d'oxygène que le sang des habitants des bords de la mer où cette pression est de 0^{m},760. Mais, sans doute, la précédente loi ne trouve pas ici d'application, parce qu'il y a intervention de quelque affinité chimique. Si l'oxygène n'était que dissous dans le sang, s'il n'était pour ainsi dire que charrié par ce liquide, comment s'expliquer le changement si instantané dans la coloration du sang veineux qu'on agite avec de l'air ou mieux encore avec de l'oxygène? Il y a tout lieu de croire qu'outre l'échange qui s'opère alors entre l'acide carbonique de ce sang et l'oxygène, une combinaison très instable s'effectue entre ce dernier gaz et quelqu'un des principes constitutifs du sang.

Beaucoup de physiologistes admettent aujourd'hui comme probable que l'oxygène du sang se trouve contenu *surtout* dans les globules et qu'il est même combiné plus spécialement avec leur hématosine ou matière colorante. Le premier de ces faits tend à ressortir d'expériences qui consistent, après avoir battu, au contact de l'oxygène, du sang défibriné et encore pourvu de globules, à s'assurer que ce liquide possède en effet, à l'égard du principe vivifiant de l'air, un pouvoir absorbant presque double de celui que possède un même volume de sérum, sans globules, battu dans le même milieu. Quant au second fait, c'est-à-dire la combinaison particulière de l'oxygène avec l'hématosine, on se rappelle le grand rôle attribué à l'élément principal de cette matière colorante, au *fer*. On a supposé que ce métal existe à l'état de protoxyde dans le sang veineux et à l'état de

(1) J. Mayow, *Tractatus quinque medico-physici, quorum primus agit de sale nitro et spiritu nitro-aereo*, etc., cap. VIII. Oxonii, 1674.

(2) Humphry Davy, *Rech. phys. et chim. sur l'oxyde nitreux et la respiration* (*Annales de chimie*, 1802, t. XLI, p. 305; t. XLII, p. 33-276 ; t. XLIII, p. 97-324 ; t. XLIV, p. 43 et 218).

(3) Vogel, *Ueber die Existenz der Kohlensaüre im Urin und im Blute* (*Journal für Chem.* von Schweigger, 1814, t. XI, p. 401, et (*Annales de chimie et de physique*, 1815, t. XCIII, p. 71).

(4) Brande, *On the Exist. of Carbon. Acid in the Blood* (*Philos. Transact.*, 1818, p. 181.

(5) Hoffman, *The London Med. Gaz.*, t. XI, p. 883, année 1833.

(6) W. Stevens, *Philos. Transact.*, 1835, p. 334-345.

(7) Magnus, *Ueber die im Blute enthaltenen Gase, Sauerstoff, Stickstoff und Kohlensaüre* Poggendorff's *Annalen der Physik und Chemie*, avril 1837, t. XL, et *Annales de chimie et de physique*, t. XLV, p. 169-183, année 1837).

peroxyde dans le sang artériel. Les changements que le sang éprouverait dans les poumons seraient l'effet d'une *suroxydation*, et ceux qu'il subirait dans la circulation générale, notamment dans les capillaires, seraient l'effet d'une *réduction*. L'acide carbonique ne serait pas seulement charrié avec le protoxyde de fer du sang veineux, mais combiné avec lui, de sorte que les deux gaz (oxygène et acide carbonique) que nous verrons, par leurs proportions *relatives* différentes, caractériser tour à tour les deux espèces de sangs, parcourraient le système vasculaire à l'état de combinaison et non de simple dissolution.

Quoi qu'il en soit de cette manière de voir, il faut admettre que l'oxygène du sang, s'il est de préférence uni aux globules, y est engagé dans une combinaison fort instable qui ne l'empêche pas d'attaquer ultérieurement les matériaux combustibles du sang, mais qui sert uniquement à fixer cet agent et à faciliter son transport dans le torrent circulatoire ; la force qui retient l'oxygène dans le globule est même assez faible, nous l'avons dit, pour permettre à ce gaz de se dégager en totalité, ou du moins en très grande partie, quand on soumet le sang à l'action du vide.

Il ne saurait y avoir aucun doute sur l'*origine* de l'oxygène contenu dans le sang: ce gaz provient évidemment de l'air atmosphérique dont il forme un des principaux éléments. Quant à sa *destination* physiologique, nos études ultérieures nous prouveront de plus en plus que, circulant avec le sang qui est le milieu de tous les phénomènes de nutrition, l'oxygène représente l'agent indispensable de la plupart des transformations qui s'accomplissent au sein de l'organisme.

Le *gaz acide carbonique* doit être regardé, au contraire, comme un des produits ultimes des transmutations nutritives; il est destiné à être éliminé, avec la vapeur d'eau, surtout par les voies respiratoires. Quand on considère la faible proportion de ce gaz dans l'air atmosphérique et sa proportion considérable dans l'air expiré, il est en effet facile de se convaincre que l'acide carbonique est bien un *produit de l'organisme* que les animaux rejettent dans les milieux ambiants mais qu'ils ne leur empruntent point; qu'ainsi ce gaz provient des tissus et des humeurs mêmes de l'animal, et non du dehors.

Tout en admettant qu'une portion de l'acide carbonique exhalé par les surfaces respiratoires puisse s'y former au fur et à mesure de son exhalation (aux dépens de carbonates qui passeraient de l'état acide à l'état neutre ou se décomposeraient à l'aide de quelque acide de l'économie), on reconnaît assez généralement qu'une autre partie, sans doute la plus considérable, existe à l'état de liberté et de simple dissolution dans la masse même du sang.

Déjà nous savons que la *liqueur du sang* ou *plasma*, qui tient les globules en suspension et la fibrine en dissolution, se sépare, par l'effet de la coagulation, en fibrine et en partie liquide, ou *sérum*: or ce sérum, battu au contact d'une atmosphère d'acide carbonique, dissout une plus grande quantité de ce gaz que ne le fait un égal volume du même sang défibriné, contenant encore ses globules et battu dans les mêmes conditions. De la comparaison de cette expérience avec celle qui déjà a été mentionnée à propos de l'oxygène, il résulterait donc que si ce dernier gaz a de l'affinité surtout pour les globules ou corpuscules du sang, l'acide carbonique en aurait une plus grande, mais non exclusive, pour le sérum.

C'est seulement en traçant tout à l'heure les caractères différentiels du sang arté-

riel et du sang veineux, que nous dirons quel est le rapport de l'oxygène à l'acide carbonique dans ces deux espèces de sangs.

Nous rappellerons ici que le phosphate de soude (un des sels du sang) facilite singulièrement l'absorption de l'acide carbonique par le sang veineux, et consécutivement l'élimination de cet acide hors de l'organisme; que, d'autre part, c'est à l'aide de l'acide carbonique du sang que le phosphate de chaux (autre élément salin de ce liquide et si généralement répandu dans l'économie) devient sensiblement soluble, les bicarbonates alcalins et le chlorure de sodium contribuant aussi à en dissoudre une partie.

Quant à l'*azote*, sa présence dans le sang des animaux vivants a été mise hors de contestation par les recherches de Ph. Enschut (1), et surtout par celles de Magnus (2). Il paraît être simplement dissous dans ce liquide, c'est-à-dire qu'il se trouve là comme dans les eaux courantes qui sont en libre communication avec l'atmosphère. Toutefois, ainsi que l'a prouvé Magnus (3), le sang dissout plus d'azote que l'eau n'en dissoudrait à la même température; il en dissout 1,70 à 3,30 pour 100, ou environ dix fois autant que l'eau.

La proportion de l'azote dans le sang (artériel ou veineux) est moindre que celle des deux gaz précédents; l'azote ne forme guère, en moyenne, plus du dixième des gaz que le sang renferme. Du reste, on ne s'est point enquis de savoir, comme cela a été fait pour l'oxygène et l'acide carbonique, si l'azote est spécialement dissous dans les globules ou dans le sérum.

La question de l'*origine de l'azote*, dans le sang, paraît assez avancée, au moins en ce sens qu'après bien des opinions contradictoires, la plupart des physiologistes admettent aujourd'hui que, *dans les conditions normales*, l'animal ne fixe pas une portion de l'azote de l'air et qu'ainsi l'azote extérieur n'entre pas dans la composition du sang (*). D'un autre côté, si l'on considère que la moyenne d'azote exhalé reste la même chez les animaux, d'ailleurs bien nourris, qui vivent dans l'oxygène pur ou mieux dans des atmosphères composées d'oxygène et d'hydrogène, on sera forcément amené à conclure que l'azote du sang doit provenir du dedans, c'est-à-dire d'un travail dépendant de l'organisme lui-même. Ce gaz, engendré par les phénomènes de nutrition, peut être rapporté à la destruction complète d'une certaine proportion des substances azotées du sang, ou bien encore à une simple transformation des matières alimentaires azotées en produits ternaires. Du reste, la quantité qui en est exhalée par les surfaces respiratoires est assez minime, puisqu'elle ne représente environ que les cinq ou six millièmes de la quantité d'acide carbonique expiré.

De ce que l'*azote de l'atmosphère*, comme on le reconnaît généralement, ne trouve pas d'emploi dans la nutrition ou dans le développement organique des animaux, il n'en résulte pas nécessairement qu'il en doive être de même de l'*azote du*

(1) *Dissert. physiol. med. de respirationis chymismo.* Lectio prior: *De mutationibus quas respiratio tum in aere tum in sanguine producit.* Utrecht, 1836.

(2) *Mém. cit.*

(3) *Annalen der Chem. und Phys.*, t. LXVI, p. 177.

(*) Toutefois, pendant l'inanition, d'après V. Regnault et Reiset (*a*), une certaine quantité de l'azote de l'air serait absorbée, en sorte que les animaux privés de toute nourriture emprunteraient à l'atmosphère un élément essentiel qui, dans l'état physiologique, leur est exclusivement fourni par les aliments ingérés.

(*a*) *Rech. chim. sur la respiration des animaux de diverses classes.* Paris, 1849.

sang. Et pourtant, un pareil rapprochement n'a pas dû peu contribuer à faire refuser à ce dernier gaz toute espèce de rôle important aussi bien qu'à ralentir le zèle des investigateurs. Cette circonstance que l'azote du sang disparaît *en partie* par le poumon suffisait-elle d'ailleurs pour imposer à la totalité de ce gaz le caractère de produit excrémentitiel? Toujours est-il qu'on a trop négligé de rechercher quel peut être le rôle physiologique de cette autre portion d'azote qui reste dissoute dans le sang et circule avec lui. A cette occasion, qu'on se rappelle que les animaux, privés de toute nourriture, absorbent et font passer dans leur sang une certaine quantité d'azote atmosphérique (V. Regnault, *loc. cit.*). La présence de l'azote dans le fluide sanguin, avec des proportions bien déterminées, serait-elle donc nécessaire à la conservation de l'organisme?

F. — Le moment étant arrivé d'exposer les *caractères différentiels du sang veineux et du sang artériel*, il convient de signaler tout d'abord une des différences dont la connaissance complète importerait essentiellement à l'étude chimique de la respiration: nous voulons parler des *quantités relatives des gaz* dans les deux sangs.

Si les trois gaz qui viennent d'être passés en revue (oxygène, acide carbonique et azote) existent à la fois dans le sang veineux et dans le sang artériel, leur rapport de l'un à l'autre varie suivant l'espèce de sang.

Le rapport de l'oxygène à l'acide carbonique, par exemple, est constamment plus considérable dans le sang artériel que dans le sang veineux. Dans les cinq échantillons de sang artériel examinés par Magnus (1), ce rapport a varié de 0,315 à 0,428; dans les cinq échantillons de sang veineux, il est resté compris entre 0,164 et 0,268: en d'autres termes, le sang artériel renferme à peu près 38 parties d'oxygène pour 100 de gaz acide carbonique; tandis que le sang veineux, pour 100 parties de ce dernier gaz, ne contient qu'environ 22 parties d'oxygène.

Quant au rapport de l'azote à l'acide carbonique ou à l'oxygène, les résultats obtenus jusqu'à présent n'ont offert rien d'assez constant pour permettre une conclusion. L'azote a prédominé tantôt dans le sang veineux et tantôt dans le sang artériel. Tout ce qu'on sait, c'est que dans les deux sangs l'azote est constamment en quantité moindre que l'acide carbonique et l'oxygène.

Nous avons déjà vu que la *coloration du sang* dépend de l'espèce de gaz mis en contact avec ce liquide; que, par exemple, en agitant du sang veineux dans une atmosphère d'oxygène, on le fait passer du rouge brun au rouge vermeil, et qu'en agitant du sang artériel dans du gaz acide carbonique, etc., on lui fait perdre sa coloration vermeille et caractéristique, pour le rendre rouge brun comme du sang veineux. Or, les notions précédentes sur les quantités relatives de ces gaz, dans les deux sangs, tendent à nous rendre compte des différences de coloration que présentent le sang veineux et le sang artériel; celui-ci, avec sa couleur vermeille, se différenciant par plus d'*oxygène* emprunté à l'air, et celui-là, avec sa couleur rouge brun, se distinguant par plus d'*acide carbonique*, issu des métamorphoses de la nutrition. Dans le changement de coloration du sang veineux, seul phénomène qui s'accomplisse instantanément dans le poumon sous l'influence vivifiante

(1) *Loc. cit.*

de l'oxygène, il s'opère vraisemblablement, nous l'avons dit, une combinaison instable de ce gaz avec l'hématosine ou matière colorante des globules.

Déjà aussi nous avons rappelé une des hypothèses émises à ce sujet : le fer, élément de l'hématosine, existerait à l'état de protoxyde dans le sang veineux, à l'état de peroxyde dans le sang artériel ; et les changements éprouvés par le fluide sanguin dans les poumons seraient l'effet d'une *suroxydation*, tandis que ceux qu'il subit dans la circulation générale, notamment dans les capillaires, seraient l'effet d'une *réduction*. Dans l'une de ces combinaisons instables avec l'hématosine entrerait surtout l'acide carbonique (à l'état de carbonate de protoxyde de fer), et dans l'autre, surtout l'oxygène. D'après certains observateurs, l'oxygène contracterait les globules, et, au contraire, le gaz carbonique les dilaterait ; ainsi s'expliqueraient, suivant eux, la couleur plus claire du sang artériel et la couleur plus sombre du sang veineux.

Quelle que soit la valeur de ces hypothèses, il ne paraît guère douteux que la coloration différente du sang, dans les veines et dans les artères, ne soit surtout intimement liée avec la proportion relative des espèces de gaz contenus dans ce liquide.

Il existe, entre le sang veineux et le sang artériel, d'autres différences qui résultent des proportions de leurs éléments solides ou liquides.

Le sang artériel contient plus de *fibrine* que le sang veineux : en prenant la moyenne de toutes les observations faites à ce sujet, on a, d'après J. Müller (1), la proportion de 29 : 34 pour la différence du sang veineux et du sang artériel, eu égard à leur contenu de fibrine.

La plupart des analyses s'accordent pour établir que le sang artériel renferme aussi un peu plus de *globules* que le sang veineux (Denis, Lecanu, Prévost et Dumas (2), etc.).

Quant à l'*albumine*, un des principes essentiels du sérum, elle se présente dans les deux sangs à peu près avec les mêmes proportions. Toutefois il paraît être admis plus généralement qu'il y a un peu moins d'albumine dans le sang artériel que dans le sang veineux.

En général, la quantité d'*eau* contenue dans le sang veineux paraît l'emporter sensiblement sur celle du sang artériel, d'après les expériences de Le Canu (3), de Prévost et Dumas (4), de J. Béclard (5), etc.

La proportion des *sels* renfermés dans le sérum est en moyenne de 0,85 pour 100, et le sang artériel est un peu plus riche en sels que le sang veineux (Lehmann). Toutefois, d'après Mitscherlich, Tiedemann et Gmelin, il y aurait une proportion plus forte de carbonate alcalin dans le second que dans le premier. En effet, 10000 parties de sang veineux contiendraient 12,3 d'acide carbonique combiné, et 10000 parties de sang artériel n'en renfermeraient guère que 8,3.

Quant *aux matières* dites *extractives*, il résulte d'un certain nombre d'analyses qu'elles paraissent être plus abondantes dans le sang veineux que dans le sang artériel.

(1) *Manuel de physiol.*, t. I, p. 97, trad. franç. Paris, 1851.
(2) DUMAS, *Traité de chimie*, t. VIII, p. 505. Paris, 1846.
(3) LECANU, *Études chimiques sur le sang humain*, p. 77. Paris, 1837, thèse inaug., n° 395.
(4) DUMAS, *Traité de chimie*, t. VIII, p. 504. Paris, 1846.
(5) *Archiv. génér. de méd.*, 4e série, t. XVIII, p. 133.

Le sang artériel offre plus de tendance à *se coaguler* que le sang veineux, il fournit aussi un caillot plus volumineux et plus ferme; double indice d'une plus grande proportion de fibrine et de globules, ce qui a lieu en réalité.

Le sang artériel et le sang veineux ont à peu près la même *pesanteur spécifique*, 105,03 : 105,45, selon J. Davy (1). La *capacité pour le calorique* étant représentée par 839 pour le sang artériel, le serait par 852 pour le sang veineux, d'après le même observateur.

Nous aurons à revenir plus tard, dans le chapitre consacré à la *chaleur animale*, sur la température dans les deux sangs.

Michaelis (2), qui a analysé comparativement la fibrine, l'albumine et la matière colorante du sang artériel et du sang veineux en les brûlant avec de l'oxyde de cuivre, représente de la manière suivante la *composition élémentaire* de chacune de ces substances :

	Carbone.	Azote.	Hydrogène.	Oyygène.
Albumine veineuse.	52,652	15,505	7,359	24,484
Albumine artérielle.	53,009	15,562	6,993	24,436
Matière colorante veineuse.	53,231	17,392	7,711	21,666
Matière colorante artérielle	51,382	17,253	8,354	23,011
Fibrine veineuse.	50,440	17,267	8,228	24,065
Fibrine artérielle.	51,374	17,587	7,254	23,785

Macaire et Marcet fils (3), qui, de leur côté, ont fait aussi l'analyse élémentaire et comparative du sang artériel et du sang veineux de lapin, parfaitement desséchés dans le vide, les ont trouvés différents quant aux proportions d'oxygène et de carbone :

	Sang artériel.	Sang veineux.
Carbone.	50,2	55,7
Azote.	16,2	16,2
Hydrogène.	6,6	6,4
Oxygène.	26,3	21,7
	99,3	100,0

Que le sang artériel contienne moins de carbone et plus d'oxygène combinés, évidemment cette donnée est en parfaite harmonie avec les idées qu'on admet le plus généralement aujourd'hui touchant les phénomènes de la respiration.

Du reste, entre le sang artériel et le sang veineux il semble exister encore d'autres différences jusqu'ici inconnues dans leur nature : Bischoff (4), par exemple, prétend avoir observé que les oiseaux périssent sur-le-champ lorsqu'on leur injecte dans les veines du sang veineux de mammifère, tandis qu'ils survivent si on leur injecte du sang artériel dans ces mêmes vaisseaux.

Le sang artériel et le sang veineux peuvent être considérés comme différant aussi, en ce sens que le premier paraît avoir la même composition dans toutes les

(1) *Tentamen inaugurale de sanguine.* Edinburgh, 1814.

(2) *De partibus constitutivis singularum partium sanguinis arteriosi et venosi.* Berlin, 1827. — Voir aussi SCHWEIGGER's *Journal*, etc., t. LIV.

(3) *Journal de chimie médicale*, t. IX, 283, et *Annales de chimie*, t. LI, 382.

(4) MÜLLER's *Archiv*, etc., 1838 p. 551. — Voir aussi HENLE, *Anat. génér.*, trad. franç. t. I, p. 485. Paris, 1843.

livisions du système vasculaire qui lui appartiennent (1), tandis que le second offre une composition qui varie beaucoup dans diverses parties du corps. Envisageons donc le sang veineux dans certains ordres de vaisseaux, pour établir les lifférences qu'il présente avec le sang veineux général.

Et d'abord, J. Béclard (2) a constaté, quant à l'eau, que si l'on analyse comparativement le sang veineux général (sang de la veine jugulaire) et le sang de la veine porte, sur un animal qui a copieusement bu, on trouve des différences notables dans les proportions de l'eau de ces deux sangs. Dans une de ses expériences, e sang pris dans la veine jugulaire contenait, par exemple, 796 parties d'eau pour 1000, et le sang de la veine porte du même animal en contenait 851. Une autre ois, le sang de la veine jugulaire contenait 770 parties d'eau, et le sang de la veine porte 823. Suivant le même expérimentateur (*Mém. cit.*), le sang veineux qui revient de la rate (organe où se détruiraient les globules) renferme moins de ces corpuscules, mais est plus riche en albumine et en fibrine que le sang veineux général; le sang de la veine porte (où s'accomplirait la transformation de l'albumine en globules) présente, dans la proportion de ses éléments, des variations très étendues en rapport avec les phénomènes de la digestion : dans les premiers temps le l'absorption digestive, dit J. Béclard, la quantité d'albumine est considérablement augmentée et la quantité des globules considérablement diminuée, tandis que c'est out le contraire qui a lieu dans les périodes qui succèdent à cette absorption.

D'après Gurlt (3), qui appuie ses assertions sur des analyses quantitatives, il y aurait, dans le sang des veines sus-hépatiques moins de fibrine, moins de graisse, moins de globules, moins de matières extractives et de sels que dans le sang de la veine porte : cela ne s'accorderait guère avec l'opinion qui attribue au foie le pouvoir de former de la graisse et de la fibrine. Ces mêmes veines sus-hépatiques charrient de la glycose, alors même que la veine porte est réputée ne contenir aucune trace de ce principe immédiat.

Je résume, dans le tableau suivant, les principales différences qui existent entre le sang artériel et le sang veineux :

SANG ARTÉRIEL.	SANG VEINEUX.
1° Rouge vermillon.	1° Rouge brun.
2° Plus riche en fibrine,	2° Plus riche en albumine.
3° — en globules.	3° — en eau.
4° — en sels (*).	4° — en matières extractives.
5° Contient environ 38 parties d'oxygène pour 100 d'acide carbonique.	5° Renferme à peu près 22 parties d'oxygène pour 100 d'acide carbonique.
6° Plus coagulable.	6° . . . .
7°	7° Globules plus abondants en matières grasses.
8° A la même composition dans tout le système artériel.	8° A une composition différente en divers points du système veineux.
9° Pris sur un mammifère et injecté dans les veines d'un oiseau, il ne donne point la mort (?).	9° Pris sur un mammifère et injecté dans les veines d'un oiseau, il donne la mort (**).

(1) JULES BÉCLARD, dans *Archiv. gén. de méd.*, 4e série, t. XVIII, p. 123.

(2) *Traité élémentaire de physiologie*, p. 169, 2e édit. Paris, 1856.

(3) Cité par BECQUEREL et RODIER dans *Traité de chim. pathol.*, p. 90. Paris, 1854.

(*) Toutefois il paraît y avoir une proportion plus forte de *carbonate de soude* dans le sang veineux que dans le sang artériel.

(**) Cette dernière différence, qui a été signalée par BISCHOFF (*loc. cit.*), et qui est présentée ici sous toutes réserves, mériterait confirmation.

Quant aux différences du sang, en général, qui se rapportent à l'espèce d'animal, *à l'état des fonctions*, au régime, à l'âge, au sexe, etc., à *certaines conditions pathologiques ou accidentelles*, elles se trouvent exposées dans une autre partie de cet ouvrage.

V. — Avant d'étudier l'action de la respiration sur le sang et sur l'air, il nous reste encore à mentionner la *texture intime du poumon*, c'est-à-dire de l'organe qui, dans les vertébrés supérieurs, est le siége principal du conflit entre l'air et le sang. En traitant, plus haut (p. 442) des *modes divers de respiration dans la Série Animale*, nous avons suffisamment décrit, à notre point de vue, les autres organes si variés qui offrent les caractères de surfaces respiratoires.

On sait, surtout depuis Malpighi (1), que les poumons ont une constitution cellulaire qui se révèle aisément, quand, après avoir insufflé ces organes et les avoir soumis à la dessiccation, on les divise en tranches minces. Ce simple procédé conduit à reconnaître que l'étendue de leur surface intérieure, en contact avec le fluide respirable, s'accroît en raison de la multiplicité du cloisonnement, et que les cellules deviennent d'autant plus petites que la puissance fonctionnelle des poumons augmente davantage. Chez les Grenouilles, les Crapauds, les Salamandres terrestres, etc., ces organes se montrent sous l'aspect de deux sacs membraneux, transparents et grossièrement divisés en cellules larges et irrégulières par des brides ou replis intérieurs. Chez beaucoup de Reptiles proprement dits, le système des cellules est déjà plus considérable et chacune d'elles offre une capacité moindre ; mais les poumons sont encore d'une texture assez peu compliquée pour conserver leur aspect de sacs vésiculeux semi-transparents. Les Reptiles les plus élevés en organisation, les Crocodiliens, peuvent néanmoins être regardés comme établissant la transition des poches pulmonaires simples des vertébrés inférieurs aux poumons complexes et à bronches ramifiées des animaux à grande respiration, comme les Mammifères et les Oiseaux. Dans ces deux classes, les cellules ou utricules pulmonaires, extrêmement fines, sont groupées à l'extrémité des ramuscules de chaque arbre bronchique, et leur ensemble forme, pour chaque poumon, une masse spongieuse que l'air pénètre dans toutes ses parties. Plus loin, en parlant de la structure des poumons des Oiseaux, qui sont, de tous les animaux, ceux dont la respiration est la plus active, nous reviendrons sur quelques-unes des modifications les plus importantes de ces organes dans cette classe de vertébrés.

Le procédé d'insufflation et de dessiccation des organes pulmonaires, permettant difficilement, dans les coupes qu'on fait de leur tissu, de mettre à nu l'intérieur d'un des tubes bronchiques jusqu'à son extrémité terminale, divers observateurs ont substitué à ce procédé d'autres modes préparatoires qui les ont conduits à formuler des opinions assez différentes sur la texture intime du poumon.

Reisseisen (2), par exemple, injecte, d'une manière lente et bien ménagée, du mercure dans le système des tubes bronchiques, puis il examine avec soin comment ce liquide se distribue dans les parties terminales de ces tubes, notamment près de la surface du poumon : à ses yeux, il n'y a pas, à proprement parler, de cellules pulmo-

(1) *Observationes anatomicæ de pulmonibus*. Bologne, 1661, in-fol.

(2) *De fabrica pulmonum commentatio, a reg. Acad. scient. Berolinensi præmio ornata.*— Latine expressit J. L. C. HECKER. Berlin, 1822, in-fol., 6 pl. color.

naires; les bronches, divisées et subdivisées, se terminent par des culs-de-sac arrondis sans être renflées en ampoules, et conservent jusqu'au bout la texture qui leur est propre. Le même moyen d'investigation mis en usage par F.-A. Bazin (1) lui fait adopter l'opinion de Reisseisen; seulement il admet, le long des bronches terminales, de petits étranglements desquels résulte l'aspect moniliforme de ces parties. Quant à Alquié (2), qui a employé le métal fusible de Darcet pour injecter les divisions bronchiques et qui a détruit ensuite la substance pulmonaire à l'aide de la potasse caustique, il n'hésite point à affirmer, d'après la forme du métal solidifié, que les ramifications les plus ténues des bronches ne se terminent pas en simples canaux cylindriques, mais bien en renflements vésiculaires qui sont en nombre variable, *deux à neuf* pour chaque petit tube bronchique terminal.

Suivant d'autres observateurs, tels ne seraient pas le mode de terminaison des bronches et la disposition des parties cavitaires du poumon. D'après Rossignol (3), qui s'est servi de poumons insufflés dont le système sanguin capillaire avait été préalablement rempli par une injection fine et colorée (*), les dernières ramifications bronchiques se dilatent en une cavité qu'il appelle l'*entonnoir*, et à l'intérieur de laquelle sont disposées, comme le seraient des alvéoles, beaucoup de petites cavités secondaires toutes en communication avec le ramuscule commun. En d'autres termes, chacun des infundibulums, ou chaque terminaison de tube bronchique, représente un petit sac de forme plus ou moins conique, à surface interne cloisonnée par de nombreux alvéoles, n'ayant qu'une seule ouverture de communication avec l'air extérieur et ne recevant qu'un seul rameau artériel. Sur une plus petite échelle, ce sac ou infundibulum est donc la reproduction exacte du poumon des vertébrés inférieurs, et des Grenouilles en particulier; de telle sorte que le poumon de l'Homme, envisagé sous ce point de vue, peut être défini comme l'assemblage d'innombrables petits poumons semblables à ceux des Reptiles et reliés entre eux au moyen d'un grand arbre bronchique commun.

De ses recherches sur la structure intime du poumon, Rainey (4) avait déjà conclu que chaque ramuscule bronchique, arrivé dans l'intérieur de son lobule, change de forme et s'y dilate en une cavité qui cesse bientôt d'être tubulaire. Mais cet observateur a surtout beaucoup insisté sur certains changements brusques de texture que présente chaque ramuscule aérien au moment où il plonge dans un lobule pour s'y perdre au milieu des cellules pulmonaires (5): tout à l'heure, en parlant de la structure des parois de ces cellules, nous indiquerons les changements dont il s'agit. Antérieurement au travail de Rainey, Addison (6) avait insisté

(1) *Sur la structure et la terminaison des bronches pulmonaires* (*Comptes rendus des séances de l'Acad. des sc. de Paris*, t. II, p. 284, 390, 515, 570). — *Sur la structure intime du poumon de l'homme et des animaux vertébrés* (même recueil, t. VIII, p. 879; t. IX, p. 153).

(2) *Disposition des ramifications et des extrémités bronchiques démontrée à l'aide d'injections métalliques* (*Comptes rendus de l'Acad. des sc. de Paris*, t. XXV, p. 745).

(3) *Recherches sur la structure intime du poumon de l'homme et des principaux Mammifères* (*Mém. des concours publiés par l'Acad. de méd. de Belgique*, t. I, Bruxelles, 1847).

(*) Cette injection se composait d'un mélange d'essence de térébenthine avec un sixième de vernis de copal et du vermillon porphyrisé, que l'on poussait lentement dans l'artère pulmonaire, de façon à la faire revenir par les veines.

(4) *On the Minute Structure of the Lungs*, etc. (*Transact. of the Med. Chir. Soc. of London*, t. XXVIII, p. 581, pl. 28, fig. 1, année 1845). — *Ibid.*, t. XXXI, p. 299; t. XXXII, p. 47, année 1849.

(5) *Loc. cit.*, t. XXXII, p. 48.

(6) *On the Ultimate Distribution of the Air Passages and the Formation of the Air Cells of the Lungs* (*Philos. Transact.*, 1842, p. 158).

sur la distinction à établir entre les tubes bronchiques extralobulaires et ces canaux que, suivant lui, les voies aériennes forment dans l'intérieur des lobules, canaux qu'il désigne sous le nom de passages ou *conduits intralobulaires;* mais cette distinction n'a été bien nettement établie que depuis les observations de Rainey.

On doit à L. Mandl (1) un mode de préparation et d'investigation très favorable à l'étude anatomique des cellules pulmonaires. Après avoir injecté dans la trachée de la gélatine parfaitement transparente, de manière à remplir ces cellules et à les amener à leur état de distension normale, on laisse à l'injection le temps de se solidifier et au poumon de se dessécher. Alors il devient facile d'enlever, à l'aide du scalpel, une lamelle très mince qu'on place dans une goutte d'eau sur le porte-objet du microscope. Après quelques instants, on voit la gélatine, qui absorbe de l'eau, reprendre son volume primitif, et par conséquent les cellules qui renferment l'injection revenir à leur grandeur et à leur forme naturelles. De la sorte on peut se procurer des préparations douées d'une très grande transparence et n'offrant aussi qu'une seule couche de cellules. Outre les résultats nouveaux que Mandl a pu constater à l'aide de son procédé, il est également arrivé à cette conclusion, assez généralement admise aujourd'hui, que, chez les Mammifères, chaque petit système de cavités ou cellules, en communication avec un ramuscule bronchique, est assimilable au sac pulmonaire tout entier de la Grenouille, ou tout au moins à une des grandes loges dont l'intérieur de ce sac est composé (voir les fig. 2 et 3) (*).

Fig. 2. — Poumon de la Grenouille : *a*, *a*, *a*, cavités terminales; *b*, *b*, *b*, utricules. Grossi 15 fois (d'après Mandl).

(1) *Recherches sur la structure intime du poumon* (Mémoire présenté à l'Académie des sciences de Paris le 4 mai 1857, et inséré dans la *Gaz. hebd. de méd. et de chir.*, t. IV, p. 387 et 429).

(*) Enfin, nous croyons devoir rappeler que, suivant Bourgery (*Comptes rendus de l'Acad. des sc. de Paris*, t. XV, p. 63 et 107 ; 1842, t. XVI, p. 182, et *Traité complet de l'anat. de l'homme*, t. IV, p. 57 et suiv., pl. 7, fig. 6), il existerait, à la terminaison des bronches, non des

« En coupant, dit Mandl (1), un poumon de Grenouille à travers son axe longitudinal, on voit, au centre du sac qui constitue le poumon, une grande cavité centrale dans laquelle se terminent librement des cloisons qui partent de la paroi interne du sac. Toutes ces cloisons n'ont pas la même élévation : les unes, plus hautes, limitent, par leur jonction, des espaces polygonaux dont le fond est constitué par la paroi même du sac, et dont la face supérieure, non recouverte, forme une ouverture qui s'abouche directement avec la cavité centrale. Ce sont donc, pour ainsi dire, autant de compartiments, ou de boîtes polygonales adossées les unes aux autres, placées sur la paroi interne du poumon et privées de couvercles (fig. 2, *aaaa*).

» Au fond de ces boîtes s'élèvent d'autres cloisons qui les subdivisent en plusieurs compartiments, mais qui sont moins hautes que les précédentes. Il en résulte que les espaces limités par ces cloisons plus basses constituent à leur tour des boîtes plus basses que celles dans lesquelles elles sont placées ; mais le fond est formé par la même paroi pulmonaire, et elles communiquent aussi directement avec la cavité centrale (fig. 2, *bb*) ».

Cette disposition, déjà visible à l'œil nu, devient encore plus évidente lorsqu'on emploie de faibles grossissements (15 à 20 fois). En changeant le foyer du microscope, on distingue facilement les parois saillantes plus hautes et celles qui sont plus basses. Mandl appelle les espaces limités par les hautes cloisons, les *cavités termi-*

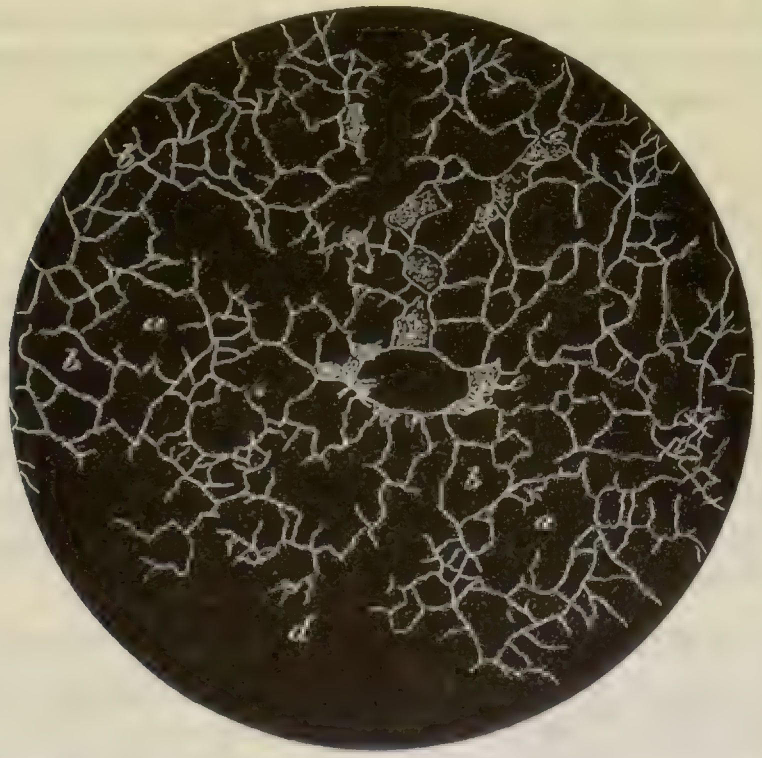


FIG. 3. — Poumon du Lapin ; injection gélatineuse desséchée, puis ramollie dans l'eau. Vu à la lumière réfléchie ; grossi 45 fois : *a*, cavités terminales ; *b*, utricules ou vésicules ; *c*, membrane utriculaire (d'après Mandl).

petits culs-de-sac, des ampoules ou des alvéoles perforés, mais d'innombrables canalicules entrecoupés dans tous les sens, communiquant incessamment et de toutes parts les uns avec les autres. Aussi cet observateur proscrit-il les dénominations de *vésicules* ou *cellules pulmonaires* pour adopter celle de *canaux labyrinthiques* du poumon. Mais, jusqu'à présent, l'opinion de BOURGERY ne paraît avoir trouvé que des contradicteurs parmi les plus habiles micrographes.

(1) *Rec. cit.*, t. IV, p. 390, 5 juin 1857.

nales (fig. 2, *aa*) ; les espaces renfermés dans celles-ci et circonscrits par les cloisons plus basses, sont pour lui des *utricules* (fig. 2, *bb*).

« Nous pouvons, ajoute ce micrographe, résumer la structure du poumon de la Grenouille en ces termes : à la surface interne de la paroi pulmonaire existent des *cavités terminales* adossées les unes aux autres, et au fond desquelles on aperçoit plusieurs (4-5) *utricules*. Ceux-ci, pas plus que ces cavités, ne sont point clos du côté de la cavité centrale, avec laquelle communiquent par conséquent librement et les utricules et les cavités terminales. »

L'étude des dimensions des cellules pulmonaires, particulièrement dans l'espèce humaine, n'est pas sans offrir quelque intérêt. Cette étude a appris qu'elles sont plus petites chez l'enfant que chez l'adulte, et notablement plus grandes dans la vieillesse que dans l'âge viril. Les premières observations de Magendie (1), à ce sujet, ont été confirmées par Dechambre et Hourmann (2), par Rossignol (3) et Mandl (4). Ainsi, d'après ce dernier observateur, les *cavités terminales* (ou vestibules de lobulins) d'un enfant de sept ans mesuraient 0,3 à 0,6 de millimètre, et celles d'un homme de vingt-six ans, près d'un millimètre. Des différences marquées existaient aussi entre la grandeur des cavités terminales du lobe supérieur et celles du lobe inférieur chez ce même homme adulte, bien portant, et mort à la suite d'une chute : dans le lobe supérieur, les cavités terminales étaient larges de 0,5 à 0,6 de millimètre; tandis que, dans le lobe inférieur, elles atteignaient près d'un millimètre. Cette inégalité dans les dimensions des cavités aériennes concorde d'ailleurs avec les différences d'intensité du murmure respiratoire que l'auscultation révèle dans ces deux parties de l'organe pulmonaire.

Chez l'Homme et les Mammifères, l'examen de la *structure des parois intercellulaires* n'offre pas moins de difficultés que l'étude du mode de terminaison des bronches et de leurs connexions avec les cellules pulmonaires.

Déjà nous avons vu que, pour Reisseisen (5), la texture propre aux bronches se retrouverait dans leurs plus fines divisions, qui, d'après cet anatomiste, forment les utricules ou cellules pulmonaires. Mais ce n'était là qu'une simple présomption, une assertion sans preuves directes.

C'est depuis peu d'années seulement, grâce surtout aux travaux de Rainey (6), Jac. Moleschott (7), Rossignol (8), Schröder van der Kolk et Adriani (9), Kölliker (10), Mandl (11), etc., que quelque lumière s'est faite sur ce point si intéressant d'histologie.

(1) *Mém. sur la struct. du poumon de l'homme*, etc. (*Journal de physiol. expériment.*, 1821, t. I, p. 78.

(2) *Recherches cliniques pour servir à l'histoire des maladies des vieillards* (*Arch. génér. de méd.*, 1835, 2ᵉ série, t. VIII, p. 422).

(3) *Mém. et Rec. cit.*, t. I, p. 50.

(4) *Mém. et Rec. cit.*, t. IV, p. 391.

(5) *Ouvr. cit.*

(6) *Ouvr. cit.*

(7) *De Malpighianis pulmonum vesiculis dissert. anat. physiol.* Heidelberg, mai 1845.

(8) *Ouvr. cit.*

(9) Schröder van der Kolk, *Over den Oorsprong en de Vorming von Tubercula pulmonum* (*Nederlansch Lancet*, 1852, 3ᵉ série, nᵒˢ 1 et 2). — Adriani, *Dissert. inaug. de subtiliori pulmonum structura*. Utrecht, 1848.

(10) *Eléments d'histologie humaine*, trad. franç. par J. Béclard et Sée, p. 516 et suivantes. Paris, 1856.

(11) *Mém. cit.*

Assurément on ne saurait plus nier aujourd'hui l'existence de fibres musculaires ou contractiles dans le système bronchique ; l'examen microscopique et l'expérimentation le démontrent. En effet, sur un chien de taille moyenne qu'on vient de tuer en lui coupant la moelle, après avoir extrait les poumons de la poitrine et adapté à la trachée un tube manométrique rempli d'un liquide coloré qui pèse à l'intérieur des bronches, excite-t-on ces organes à l'aide d'un courant électrique, en appliquant l'un des pôles sur le poumon et l'autre sur la partie métallique du tube, on voit bientôt le liquide s'élever d'environ 5 centimètres dans ce même tube dont la partie supérieure est de verre et graduées : ce résultat est évidemment dû à la contraction active des bronches, puisque avant le passage du courant l'élasticité des poumons était déjà satisfaite (1). — Un autre mode d'expérimentation m'a servi autrefois (2) à constater que, d'une part, les bronches ont un pouvoir de resserrement dérivant de la contraction musculaire, et que, d'autre part, ce pouvoir est mis en jeu par les nerfs pneumogastriques : en faisant passer, avec les précautions voulues, un courant électrique à peu près transversal dans l'épaisseur de plusieurs rameaux de ces nerfs, chez de grands animaux, tels que le Cheval et le Bœuf, j'ai observé, à l'aide de la loupe, des contractions manifestes jusque dans des ramuscules bronchiques d'un calibre assez petit.

De ces faits faudra-t-il conclure que des *fibres musculaires* existent jusque dans les dernières ramifications des bronches, ainsi que dans l'épaisseur des parois utriculaires du poumon? Kölliker (3) assure qu'on distingue des fibres musculaires lisses sur des ramuscules bronchiques de $\frac{1}{6}$ de millimètre, et il regarde comme probable qu'elles s'étendent jusqu'aux lobules pulmonaires, quoique avec la plupart des micrographes il les refuse aux vésicules elles-mêmes. C'est en ayant recours à certaines réactions chimiques que J. Moleschott (4) a été conduit à admettre, dans la portion terminale du système aérifère, la présence de fibres musculaires mêlées à des fibres de tissu élastique (*). — Dans un mémoire publié en 1842, et dans lequel se trouve signalé, pour la première fois, l'*emphysème pulmonaire*, comme effet de la résection des nerfs vagues (5), j'avais déjà appelé l'attention sur ce dernier résultat, comme favorable à l'opinion que, si les fibres élastiques jouent le principal rôle dans la constitution des parois des cellules pulmonaires, les fibres musculaires n'y font peut-être pas complétement défaut.

Les *fibres de tissu élastique*, qui sont d'ailleurs assez faciles à découvrir sur des préparations fraîches et qui ont de 0^{mm},001 à 0^{mm},005 de largeur, se montrent surtout très abondantes aux angles des cellules aériennes, d'après Kölliker (6).

(1) CH. WILLIAMS, *Report of the Experim. on the Physiol. of the Lungs and Air Tubes* (*Report of the Meeting of the Brit. Associat. for the Advanc. of Science*, Glascow, 1840, p. 411).

(2) LONGET, *Rech. expérim. sur la nature des mouvements intrinsèques du poumon*, etc., dans *Comptes rendus de l'Acad. des sc. de Paris*, 1842, t. XV, p. 500 ; et dans son *Traité d'anat. et de physiol. du syst. nerveux*, t. II, p. 289. Paris, 1842.

(3) *Ouvr. cit.*, p. 516.

(4) *Thèse cit.*, Heidelberg, 1845, et *Ueber die letzen Endigungen der feinsten Bronchien*, dans *Holländische Beiträge*, 1848, t. I, p. 7.

(*) Traitées par l'acide azotique, puis par l'ammoniaque, les fibres musculaires lisses prennent une belle couleur jaune qui est due à la formation d'un xanthoprotéate d'ammoniaque ; cette réaction manque avec le tissu élastique. Or, elle se montre dans les aréoles pulmonaires ; de là, la conclusion formulée par J. MOLESCHOTT.

(5) Extrait dans *Comptes rendus des séances de l'Acad. des sc. de Paris*, 1842, t. XV, p. 500.

(6) *Ouvr. cit.*, trad. franç., p. 517.

(voy. la *fig. 4*). Mandl (1) affirme que la quantité de ces fibres augmente considérablement avec l'âge. « Nous ne serions pas éloigné, ajoute-t-il, de croire la paroi utriculaire elle-même de nature élastique : l'aspect particulier qu'elle présente, sa résistance à l'acide acétique, la netteté de ses contours, la distinguent, dans ses propriétés physiques, des autres membranes propres analogues. »

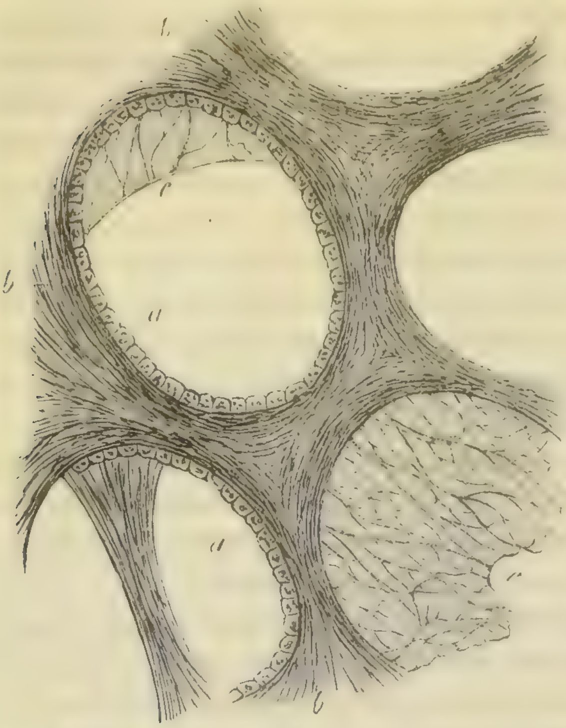


FIG. 4. — Vésicule pulmonaire de l'homme, et portion des vésicules voisines. Grossissement de 350 diamètres. *a*, épithélium ; *b*, trabécules élastiques ; *c*, paroi vésiculaire très délicate dans l'intervalle des trabécules ; elle présente des fibres élastiques fines (d'après Kölliker).

Quant à l'*épithélium à cils vibratiles* dont la muqueuse bronchique est revêtue, il cesse brusquement, selon Rainey (2), vers le point où chaque tube aérien, chez l'homme, plonge dans un lobule pour s'y perdre au milieu des cellules pulmonaires. Suivant cet observateur, toute espèce d'épithélium aurait même disparu des parois des conduits intralobulaires et des cellules aériennes, ce qui d'ailleurs concorderait avec leur grande activité absorbante. Mais une couche épithéliale dût-elle y exister, comme l'admettent beaucoup de micrographes, qu'à cause de sa ténuité extrême elle ne saurait guère influer sur l'absorption pulmonaire. Une *membrane fibreuse* et un *épithélium*, telles sont les deux couches le plus généralement attribuées aux parois des cellules du poumon.

Dans l'épaisseur des parois intercellulaires serpentent des *vaisseaux sanguins* qui s'y terminent par un réseau capillaire des plus serrés et des plus riches (*). L'artère pulmonaire y apporte toute la masse du sang veineux qui doit se vivifier dans les poumons, et les artères bronchiques y amènent du sang artériel destiné, là comme ailleurs, à l'entretien des phénomènes de nutrition ; seulement, vu le petit calibre relatif des artères bronchiques, on a pensé, avec raison, que le parenchyme pulmonaire, siége de la conversion du sang veineux en sang artériel, pouvait bien lui-même mettre à profit le sang artériel nouvellement formé. Ajoutons que d'ailleurs les artères et les veines bronchiques n'existent pas chez les Oiseaux (Sappey, *Mém. cit.*, p. 12) : le sang artériel, qui se forme dans leur poumon devient donc la source unique et directe dans laquelle ce viscère puise les éléments de sa nutrition.

Dans le poumon de l'homme, chaque lobule reçoit de l'artère pulmonaire un

(1) *Rec. cit.*, t. IV, p. 130.

(2) *Med. Chir. Transact.*, t. XXXII, p. 48.

(*) MANDL (*Rec. cit.*, t. IV, p. 433) a trouvé que la substance la plus convenable, pour obtenir de belles injections de ces vaisseaux, était du sang *défibriné* mêlé à un peu de gélatine et de chlorure de sodium.

branche qui se divise à son tour en un grand nombre de ramuscules destinés aux cellules pulmonaires. Ceux-ci pénètrent entre les cellules, se subdivisent plusieurs fois pendant leur trajet, s'anastomosent çà et là, mais sans régularité, soit entre eux, soit avec des branches appartenant à d'autres artères lobulaires, et forment enfin le *réseau capillaire* des cellules aériennes. Ce dernier est un des plus serrés qui existent. (voy. la *fig.* 5). « Chez l'homme, dit Kölliker (1), et sur une pièce fraîche, il présente des mailles arrondies ou ovalaires de 0mm,005 à 0mm,018 de diamètre, formées de vaisseaux qui ont 0mm,007 à 0mm,01 de largeur ; il se trouve dans la paroi, à environ 0mm,002 au-dessous de l'épithélium, au milieu du tissu fibreux, et s'étend non-seulement à toutes les vésicules d'un même lobule, mais encore, du moins chez l'adulte, à une partie des vésicules des lobules voisins. »

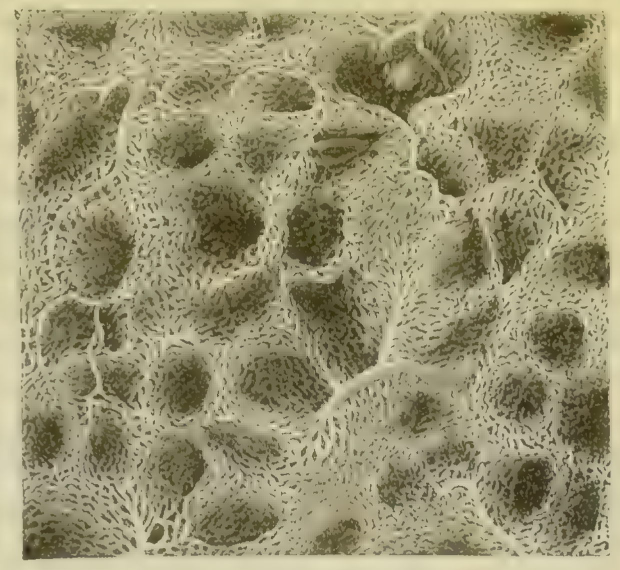


FIG. 5. — Réseau capillaire des vésicules pulmonaires de l'homme. Grossissement de 60 diamètres (d'après Kölliker).

Puis, du précédent réseau naissent les *veines pulmonaires* par des radicules qui, plus superficielles que les artères, plus extérieures sur les lobules primitifs, s'engagent ensuite entre ces lobules, où, s'unissant à d'autres veines lobulaires, elles constituent des troncs d'un certain volume qui portent le sang hématosé vers les cavités gauches du cœur.

En terminant cette description rapide du réseau capillaire sanguin des poumons, rappelons que, quand on pousse une injection colorée dans l'artère pulmonaire, on remarque, ce qui d'ailleurs s'accorde bien avec le siége de l'hématose, que les tubes bronchiques restent à peu près incolores jusqu'au point où leurs parois commencent à présenter des alvéoles, tandis que ces alvéoles eux-mêmes se montrent couverts d'un réseau vasculaire des plus riches.

C'est dans l'épaisseur des parois intercellulaires, autour des vaisseaux sanguins, que s'opère le dépôt d'une substance colorée en noir, qu'avec Natalis Guillot (2) on regarde généralement aujourd'hui comme du *charbon* (*). Cet habile

(1) *Ouvr. cit.*, trad. franç., p. 519.

(2) *Rech. anat. et pathol. sur les amas de charbon produits pendant la vie dans les organes respiratoires de l'homme* (*Arch. génér. de méd.*, 4e série, année 1845, t. VII, p. 1, 151, 284).

(*) Il n'entre dans notre plan ni de discuter ici le mécanisme de l'accumulation des poussières charbonneuses dans le poumon de l'homme, ni d'examiner la valeur des hypothèses émises sur leur origine ou leur formation dans cet organe. Qu'il nous suffise, pour l'instant, de rappeler que, si divers observateurs admettent que du charbon, *en nature*, peut se produire et s'accumuler au sein des organes respiratoires eux-mêmes, la plupart assignent au *charbon pulmonaire* une origine extérieure.

Consultez à ce sujet : HALLER, *Elementa physiologiæ*, t. III, p. 152. — FOURCROY, *Syst. des connaissances chim.*, an IX, t. IX, art. 18, § 4, p. 380. — PEARSON, *Philos. Transact.* London, 1813, p. 519. — HEUSINGER, *Archiv. gén. de méd.*, t. V, 1824. — LAENNEC, *Traité de l'auscult. méd.*, t. II, p. 322, édit. de 1837. — GREGORY, *Case of Peculiar Black Infiltration of the whole Lungs ressembling Melanosis* (*the Edinb. Med. and Surg. Journal*, 1831, t. XXXVI, p. 389). — TROUSSEAU et LEBLANC, *Archiv. génér. de méd.*, 1828, t. XVII. — GRAHAM, *On the*

observateur a étudié toutes les phases du dépôt de la matière charbonneuse dans le tissu pulmonaire, depuis le moment où elle commence à apparaître vers la fin de la jeunesse jusque dans la dernière vieillesse, époque à laquelle il s'en forme parfois des accumulations considérables. On doit également à Natalis Guillot d'importantes études sur les rapports de la maladie tuberculeuse du poumon avec l'accroissement de la matière noire dans cet organe; études qui offrent des applications utiles à la pratique médicale (1).

Le *développement du tissu pulmonaire* (fig. 6), c'est-à-dire la formation des cellules du poumon et des ramifications bronchiques, ressemble beaucoup à celui des glandes en grappe et semble suivre la même marche. Les deux rudiments des poumons, d'abord lisses et sans divisions superficielles, se composent d'un blastème formé de cellules dont l'intérieur offre, dans chaque poumon, une petite figure claviforme. Quand une cavité commence à se former dans la trachée et dans les bronches, qui sont primitivement solides, on voit ces premiers rudiments bronchiques pousser des bourgeons sur leurs côtés et à leurs extrémités, comme les glandes en grappe. Ces bourgeons représentent les ramifications des bronches : ils ont exactement la même forme que les premiers rudiments, et l'on voit aussi la cavité future se préparer dans leur intérieur. Avec le temps, les ramifications des bronches deviennent de plus en plus nombreuses et serrées; mais leurs derniers rejetons seuls constituent les cellules pulmonaires, qui tiennent ici la place des vésicules glandulaires. Ces cellules paraissent se recouvrir d'un épithélium et renferment une cavité dans laquelle l'air pénètre après la naissance.

L'apparence celluleuse extérieure des poumons, chez le jeune embryon, n'indique pas, du reste, la formation précoce des véritables cellules pulmonaires à leur intérieur: elle annonce tout simplement le développement de leurs lobes et de leurs lobules.

Fig. 6. — A, B, développement des poumons, d'après Rathke. — C,D, développement histologique des poumons, d'après J. Müller. Formation des ramifications bronchiques et des cellules pulmonaires.

Précédemment (p. 476 et suiv.), en traitant de la *respiration des Oiseaux*, surtout au point de vue de ses rapports avec les variations de pression de l'air, nous avons parlé de ces singuliers appendices de leur système pulmonaire, qu'on désigne sous les noms de *sacs* ou *réservoirs aériens* (*), et nous avons cherché à déterminer

Exist. of Charcoal in the Lungs (*Edinb. Med. and Surg. Journ.*, 1834, t. XLII, p. 323). — Béhier, dans le *Traité d'auscultation* de Laennec (note d'Andral), 1837, t. II, p. 323. — Rilliet, *Mém. sur la pseudomélanose des poumons* (*Archiv. génér. de méd.*, 3e série, 1838, t. II, p. 160-163). — Andral, *Anat. pathol.*, 1839, t. I, p. 458. — Krause, *Handbuch der menschlichen Anat.*, t. I, p. 471. — Melsens, *Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences de Paris*, t. XIX, p. 1292.

(1) Voyez aussi le mémoire de Natalis Guillot, intitulé: *Description des vaisseaux particuliers qui naissent dans les poumons tuberculeux, et deviennent, au milieu de ces organes, les conduits d'une circulation nouvelle*; avec planches (journal l'*Expérience*, année 1838).

(*) Comme recherches les plus récentes et les plus remarquables sur les *sacs aériens des Oiseaux*, consultez principalement celles de Natalis Guillot. (*Mémoire sur l'appareil respiratoire des Oiseaux*, dans *Annales des sc. nat.* Zoologie, 3e sér., année 1846, t. V, p. 25 et suiv., avec fig.),

leurs usages (*). Ici il ne s'agit donc plus que de dire sommairement en quoi la *texture du poumon* diffère dans les deux classes des Mammifères et des Oiseaux.

C'est dans la disposition de l'arbre bronchique qu'il faut chercher les principales différences qu'avec Milne Edwards (1) nous résumerons ainsi : « Ces différences tiennent au passage de quelques tubes aérifères à travers le poumon et à leur ouverture *au dehors de cet organe* dans d'autres réservoirs (*sacs aériens*); au mode de division des bronches intra-pulmonaires; enfin à la direction des canalicules bronchiques. Chez les Mammifères, c'est par des bifurcations irrégulières que les bronches se ramifient de plus en plus à mesure qu'elles s'éloignent de leur point d'origine. Chez les Oiseaux, le mode de division de ces tubes n'est pas dichotomique, mais penniforme; chaque tronc, soit primitif, soit secondaire, donnant naissance latéralement à des conduits qui en partent comme les barbes d'une plume ou les poils d'une brosse. Enfin, chez les Mammifères, toutes les parties du système bronchique se dirigent du centre anatomique du poumon, c'est-à-dire du point d'immersion du tronc primitif dans cet organe, vers sa surface, et les divisions en deviennent de plus en plus ténues à mesure qu'elles se rapprochent de cette surface; tandis que, chez les Oiseaux, le système de tubes n'est centrifuge que dans sa portion basilaire; les troncs secondaires arrivent à la surface de l'organe, et les divisions ultérieures, suivant une marche récurrente, deviennent centripètes. L'arbre bronchique, au lieu de continuer à se développer au dehors, se reploie donc sur lui-même, et n'envoie le chevelu de ses racines que vers l'intérieur de la masse formée par l'ensemble de ce système de ramifications (**). »

Du reste, ainsi que l'ont avancé plusieurs micrographes pour la muqueuse bronchique des Mammifères, l'épithélium à cils vibratiles cesserait brusquement aussi, chez les Oiseaux, vers le point où chaque tube aérien plonge dans un lobule pour s'y perdre au milieu des cellules pulmonaires; il n'y resterait plus qu'une couche épithéliale ordinaire d'une ténuité extrême. D'après Rainey (2), les parois de chacun de ces tubes offrent des orifices qui aboutissent à une couche de cellules irrégulières qui, dans le parenchyme du poumon, forment un grand nombre de petits compartiments polygonaux, comparables à des lobules. « Mais il paraîtrait, dit Milne Edwards (3), d'après les observations de Rainey, que les parois de ces cel-

et celles de SAPPEY (*Rech. sur l'appareil respiratoire des Oiseaux*, avec un atlas de 4 pl., Paris, 1847; *ibid.*, *Comptes rendus des séances de l'Acad. des sc.*, 2 et 23 février 1846).

(*) Quant à la VESSIE AÉRIFÈRE OU NATATOIRE DES POISSONS, on sait combien les observateurs ont différé d'avis sur la nature et sur la destination physiologique de cet organe. D'après le plus grand nombre, c'est un appareil hydrostatique propre à faire varier le poids spécifique de l'animal; suivant d'autres, c'est un organe en rapport avec l'exercice de la respiration; et, dans l'opinion de quelques autres encore, la vessie natatoire remplit les deux rôles, c'est-à-dire qu'elle peut servir à la respiration, tout en ayant principalement à remplir des usages purement physiques dans le mécanisme de la locomotion. Mais, quand on tient compte de la variabilité qu'elle offre dans sa structure, dans ses relations organiques, dans la composition de ses gaz, et surtout dans son existence même, il est bien difficile d'accorder à un pareil organe toute l'importance physiologique qu'on a voulu parfois lui attribuer : son rôle, notamment dans la respiration, a pu paraître contestable dans les cas, d'ailleurs si nombreux, où l'on voit l'intérieur de ce réceptacle *complétement clos* ne pas communiquer avec un autre organe ou avec l'air extérieur. Les gaz qui y sont contenus (*mélange en proportions variables d'oxygène, d'azote et d'acide carbonique*) sont regardés comme le produit d'un travail sécrétoire chez tous les Poissons, dont la vessie natatoire est entièrement fermée dès le principe.

(1) *Leçons sur la physiol. et l'anat. comp. de l'homme et des animaux*, etc., t. II, p. 347. Paris, 1858.

(**) Pour plus de détails, voir le Mém. de NATALIS GUILLOT, dans *Rec. cit.*, t. V. p. 33 et suiv.; — *ibid.*, le Mém. de SAPPEY, p. 4 et suiv.

(2) *Ouvr. cit.*, pl. 1, fig. 1 et 2.

(3) *Loc. cit.*

lules ne sont pas continues, que leur membrane pariétale est perforée dans chacun des espaces correspondants aux mailles du réseau vasculaire logé dans leur épaisseur, et que, par conséquent, les cavités aériennes constituent dans chaque lobule une masse spongieuse où les vaisseaux sanguins baignent dans le fluide respirable par tous les points de leur circonférence, au lieu d'être en contact avec ce fluide par leurs deux surfaces opposées seulement, ainsi que cela a lieu chez les Mammifères (*). »

VI. Il est un problème dont la solution importe surtout à l'étude de l'air confiné et des grandes questions d'hygiène qui s'y rattachent ; nous voulons parler de la détermination du volume d'air nécessaire pour subvenir aux besoins de la respiration humaine.

On comprend tout d'abord que les chiffres représentant la quantité d'air qui entre dans le poumon à chaque inspiration et la quantité qui en sort à chaque expiration correspondante ne sauraient avoir ici qu'une valeur approximative. En effet, ces quantités varient suivant une foule de circonstances extérieures ou propres aux individus, et presque impossibles à spécifier, tant elles sont nombreuses et parfois peu saisissables. Toutefois les variations ne sont pas tellement considérables qu'on n'ait pu, même à l'aide de méthodes diverses, arriver à des résultats assez concordants pour permettre d'établir une *moyenne* de la quantité d'air mis en circulation dans le poumon, pendant chaque mouvement respiratoire normal. Assez généralement on admet que, chez l'homme adulte et bien portant, chaque inspiration introduit dans l'appareil pulmonaire environ 500 centimètres cubes ou *un demi-litre* d'air : or, la moyenne des inspirations par minute étant de 18, il en résulte que l'homme a besoin de 9 litres par minute, et, par conséquent de 540 litres par heure, de 12 9 0 litres par jour ; ce qui donne, en chiffres ronds et abstraction faite de la petite quantité d'air qui disparaît par la respiration, 13 mètres cubes d'air expiré dans les vingt-quatre heures, et renfermant, comme nous le verrons, à peu près 4 pour 100 de gaz acide carbonique (**).

L'étude expérimentale de la quantité d'air mis en circulation, soit pendant les mouvements normaux de la respiration, soit lors d'inspirations et d'expirations forcées, a été faite avec une certaine rigueur et sur une grande échelle surtout dans ces dernières années. Parmi les observateurs assez nombreux qui s'en sont occupés récemment, il faut citer particulièrement Herbst (1) et Hutchinson (2), dont les

(*) Indépendamment des ouvrages ou mémoires déjà cités à propos de la *texture intime du poumon*, consultez encore :

WILLIS, *De respirationis organis et usu*, dans *Opera omnia*, t. II. — HELVETIUS, *Observat. sur le poumon de l'homme* (*Mém. de l'Acad. des sc. de Paris*, 1718, p. 18). — RATHKE, dans *Nova Acta Acad. nat. curios.*, 1828, t. XIV, p. 161, 200. — LEREBOULLET, *Anat. comp. de l'appar. respir. dans les animaux vertébrés* (*Thèse inaugurale*, Strasbourg, 1838). — DUVERNOY, *Fragm. sur les org. de la respir. dans les animaux vertébrés* (*Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, 1839, t. VIII, p. 13). — GIRALDÈS, *Sur la terminaison des bronches*, dans *Bullet. de la Soc. anat.*, 1839, p. 16. — H. CRAMER, *De penitiori pulmonum hominis structura*. Berlin, 1847. — E. SCHULTZ, *Disquisit. de struct. et text. canalium aeriferorum*. Dorpat, 1850. — HEALE, *On the Blood Vessels of the Lungs*, dans *Monthly Journal*, 1852, p. 451.

(**) D'après des observations qui nous sont propres, nous tendons à croire que ce volume d'une inspiration ordinaire, évalué à *un demi-litre*, est un peu exagéré : *un tiers de litre*, suivant nous, représenterait plutôt la moyenne dont il s'agit. Du reste, comme on le verra plus loin, cette dernière évaluation est aussi celle de quelques autres observateurs.

(1) MECKEL'S *Archiv für Anat. und Physiol.*, 1828, t. III.

(2) *On the Spirometer*, 1846 ; analyse dans *Archiv. génér. de méd.*, 1847. — *Ibid.*, *Med. Chir. Trans.*, t. XXIX.

intéressantes recherches ont été reprises et le plus souvent confirmées par Vierordt (1), G. Simon (2), Wintrich (3), Schneevogt (4), Hecht (5), F. Arnold (6), Schnepf (7), Bonnet (8), etc.

Différents appareils ont été employés pour le genre d'expériences dont il s'agit. Le *spiromètre* (*) de Hutchinson est l'instrument dont on a fait le plus fréquent usage dans ces derniers temps (**). Il représente essentiellement un gazomètre muni d'une échelle fixe et d'un indicateur mobile qui suit les mouvements du récipient à air et les indique sur l'échelle graduée; ce récipient plonge dans un réservoir rempli d'eau et communique avec la poitrine du sujet en expérience, à l'aide d'un tube de caoutchouc terminé par un embout de verre.

S'agit-il de mesurer, à l'aide de cet appareil, le volume d'air qui, dans les mouvements exagérés de la respiration, peut s'engager dans les voies pulmonaires, on fait tenir debout l'individu soumis à l'examen et l'on s'assure qu'il est libre de toute entrave qui gênerait la mobilité de sa poitrine. Après une grande expiration, il introduit le tube entre ses lèvres, respire la plus grande somme d'air qu'il puisse appeler dans ses poumons et fait ensuite l'expiration la plus complète possible. En soumettant à de pareilles épreuves environ 2000 personnes (hommes), Hutchinson a reconnu (chose d'ailleurs aisée à prévoir) que la quantité d'air qu'une inspiration et une expiration *maximum* peuvent mettre en circulation varie suivant les individus ; et il a nommé *capacité vitale*, la capacité des poumons ainsi mesurée à l'aide du volume d'air que déplacent ces mouvements énergiques du thorax, exécutés sous l'influence exclusive de la vie. D'après Hutchinson, chez les *hommes adultes* et bien portants, la *moyenne* du volume d'air obtenu de la sorte (à 15° centigrades) équivaut à environ *trois litres et demi*.

Toutefois cette mesure n'est pas celle de la *capacité absolue* des poumons. Il importe en effet de savoir qu'après l'expiration, même la plus forcée, ces organes renferment encore une quantité d'air assez considérable. Pour avoir leur capacité absolue, il faudrait donc pouvoir évaluer ce résidu respiratoire et l'ajouter au volume connu d'air expulsé dans la plus grande expiration possible. Mais cette capacité absolue ne saurait se mesurer que d'une manière indirecte et approximative, en tenant compte de la réserve d'air qui demeure dans le poumon après

(1) WAGNER's *Handwörterbuch für Physiol.*, t. II, p. 835, art. RESPIRATION.
(2) *Ueber die Menge der ausgeathmeten Luft bei verschiedenen Menschen und ihre Messung durch das Spirometer*. Giessen, 1848.
(3) *Krankheiten der Respiration's Organe* (VIRCHOW's *Handbuch der speciellen Pathol.*, etc., t. V, 1854).
(4) *Ueber den praktischen Werth des Spirometers* (HENLE's *Zeitschr. für rationn. Med.*, 1854).
(5) *Essai sur le spiromètre* (*Thèse inaug.*, Strasbourg, 1855).
(6) *Ueber die Athmungsgrösse des Menschen*, etc. Heidelberg, 1855.
(7) *Note sur un nouveau spiromètre* (*Comptes rendus des séances de l'Acad. des sc. de Paris*, 1856, t. XLIII, p. 1046).
(8) *Application du compteur à gaz à la mesure de la respiration* (*Comptes rendus des séances de l'Acad. des sc. de Paris*, 1856, t. XLII, p. 825, et t. XLIII, p. 519).

(*) Mot hybride (formé de *spirare*, respirer, et de μέτρον, mesure), auquel on devrait préférer *pnéomètre* (de μέτρον, mesure, et πνέω, je souffle).

(**) Toutefois l'appareil imaginé par SCHNEPF (*loc. cit.*) semble offrir plus de garanties d'exactitude.

Le spiromètre de BOUDIN est plus portatif que celui de HUTCHINSON, mais il pèche par le défaut de précision.

BONNET, de Lyon (*loc. cit.*), a eu l'idée de se servir du *compteur à gaz* qu'on emploie journellement dans l'industrie pour mesurer le gaz d'éclairage, et il a obtenu des résultats très précis, généralement confirmatifs de ceux qui ont été publiés par HUTCHINSON.

l'expiration ordinaire ; et pour cela, on ne peut opérer que sur le cadavre, après avoir fait choix d'un sujet adulte dont les poumons sont supposés être sains. Avant que la poitrine soit ouverte, un tube muni d'un robinet fermé est adapté à la trachée-artère, puis, les poumons étant enlevés avec soin, le tube est mis en communication avec une cloche remplie d'eau ou de mercure ; alors on ouvre le robinet, et le poumon, en vertu de son élasticité qu'on aide d'une compression suffisante, revient sur lui-même et pousse dans la cloche presque tout l'air qu'il renferme. Or, en faisant la somme du volume d'air ainsi recueilli et de celui qui est rendu dans une expiration normale (environ 500 centimètres cubes), on a, approximativement, la contenance totale des poumons chez l'adulte. Mais les recherches qui ont été entreprises dans cette direction sont encore trop peu nombreuses pour qu'on ose en présenter les résultats avec une confiance entière.

Quoi qu'il en soit, loin d'être soumise à des variations indéterminées et qui échappent au calcul, la *capacité vitale* des poumons (suivant l'expression de Hutchinson) est si constante chez un individu donné, et à un moment donné, qu'examinée à diverses reprises et à de courts intervalles, elle est toujours représentée par les mêmes chiffres. D'après cet observateur, parmi les conditions qui font varier le chiffre normal de la capacité pulmonaire, une seule suffirait presque à constater, c'est la taille de l'individu. « *La capacité vitale du thorax, à l'état normal, croît en proportion régulière, sinon mathématique, avec la stature.* » Telle est la loi que Hutchinson a formulée et qu'il assure avoir établie sur plus de deux mille observations, loi que d'autres expérimentateurs, notamment Schneevogt (1) et Hecht (2), sont venus confirmer depuis. Ajoutons que, chez les nombreux adultes soumis à son examen, Hutchinson a reconnu qu'à la température de 15 degrés centigrades, et toutes choses égales d'ailleurs, l'expiration forcée donnait, pour les hommes dont la taille était de $1^m,50$ à $1^m,80$, environ 2 litres trois quarts d'air pour les plus petits, et que la capacité vitale croissait de 5 centilitres par chaque centimètre d'augmentation dans la stature.

Du reste, ce rapport entre la taille des adultes et le volume d'air qu'une inspiration *maximum* peut appeler dans les poumons n'est point, comme on serait porté à le croire, une conséquence nécessaire de la hauteur du thorax. La taille d'un individu est subordonnée généralement plutôt à la longueur des membres inférieurs qu'à celle du tronc.— De deux hommes mesurés par l'auteur, l'un a la taille de 4 pieds 4 p. 1/2, l'autre de 5 pieds 9 p. 1/2 (mesures anglaises), quand ils se tiennent debout ; assis, ils ont exactement la même hauteur de tronc, et pourtant, chez le premier, la capacité vitale pulmonaire n'est égale qu'à 152 pouces cubes, tandis que, chez le second, elle est de 236 pouces cubes.

La *circonférence de la poitrine*, chez l'adulte, serait sans aucune proportion avec le volume d'air expiré, suivant Hutchinson, qui affirme avoir constaté les contradictions les plus manifestes dans 994 cas qu'il a observés à ce point de vue. Telle n'est pas l'opinion de F. Arnold (3), qui prétend que l'accroissement de la capacité inspiratrice est d'environ 60 centimètres cubes par chaque centimètre dont s'augmente la circonférence de la poitrine.

(1) *Mém. cit.*
(2) *Mém. cit.*
(3) *Ueber die Athmungsgrösse des Menschen*, etc. Heidelberg, 1855.

La *mobilité des parois thoraciques* a ici une influence réelle, car on trouve parfois des individus à poitrine étroite, qui peuvent dilater le thorax bien plus que d'autres chez qui la circonférence de cette partie du corps est néanmoins plus grande. A dimensions égales, la capacité vitale ou inspiratrice augmente avec la dilatabilité du thorax.

Cette capacité paraît être la plus grande dans la période de vingt-cinq à quarante ans ; puis, à partir de cet âge, elle commence à décliner pour devenir, dans la vieillesse, moindre qu'elle n'était même dans l'adolescence. Voici les moyennes fournies à ce sujet par Hutchinson :

	lit.		lit.
De 15 à 25 ans..........	3,590	De 45 à 50 ans............	3,280
25 à 30..............	3,623	50 à 55................	3,215
35 à 40..............	3,720	55 à 60................	2,970
40 à 45..............	3,459		

Quant aux différences résultant de l'*influence des sexes*, le physiologiste anglais a omis d'en tenir compte, toutes ses expériences ayant été faites sur des hommes. Mais Schneevogt (1), Wintrich (2), et, auparavant, Herbst (3), s'accordent à admettre que, chez la femme, la capacité respiratoire est sensiblement moindre que chez l'homme. Suivant Herbst, cette différence serait représentée par environ 50 pouces cubes. En comparant, sous le rapport dont il s'agit, des hommes et des femmes de même taille, Schneevogt a constaté que la capacité inspiratrice était, terme moyen, d'à peu près 700 centimètres cubes moindre chez ces dernières. Un autre résultat, digne d'intérêt, s'il est confirmé, et qui s'appuie sur plus d'une centaine d'observations du même auteur, c'est que, tandis que les tumeurs abdominales, quels que soient leur nature et l'organe affecté, ont pour effet constant de diminuer le volume d'air expiré, la grossesse seule n'aurait pas cette conséquence.

Si la loi de Hutchinson est vraie, c'est-à-dire s'il est possible d'établir, à l'aide du spiromètre, un rapport exact entre la capacité vitale du thorax et la stature de l'individu, on conçoit comment la *spirométrie* viendrait prendre rang parmi les moyens physiques d'exploration médicale. En effet, une diminution trop sensible de la quantité d'air que l'individu peut mettre en circulation dans ses poumons, diminution qui ne résulterait pas seulement des progrès de l'âge, devrait donner l'éveil au médecin sur l'état de ces organes, en même temps que la spirométrie lui fournirait la mesure du progrès ou de l'amélioration de l'affection pulmonaire.

Le premier malade sur lequel Hutchinson ait fixé son attention réunissait les conditions les plus favorables à un semblable examen. C'était un Américain colossal venu à Londres pour disputer le prix d'une lutte : il était d'une taille de près de 7 pieds (anglais) et dans toute la puissance de la santé; sa capacité respiratoire était de $7^{\text{lit.}},082$. Après avoir remporté le prix, il mena une vie oisive et dissolue, et deux ans plus tard (novembre 1844) sa capacité vitale n'était plus que de $6^{\text{lit.}},364$;

(1) *Ueber den praktischen Werth des Spirometers* (HENLE's *Zeitschr. für rationn. Med.*, 1854).
(2) *Krankheiten der Respirations-Organs* (VIRCHOW's *Handbuch der speciellen Pathol.*, etc., t. V, 1854).
(3) MECKEL's *Archiv für Anat. und Physiol.*, 1828, t. III, p. 103.

on ne constatait d'ailleurs aucun signe de lésion thoracique. A la fin de décembre 1844, elle était descendue à 5$^{lit.}$,222. Cet homme succomba en 1845 aux suites d'une tuberculisation pulmonaire subaiguë. — Un fait d'une autre nature, mais non moins caractéristique, témoigne de l'utilité et de l'appareil et de son application à la pathologie. Un homme est examiné, il jouit d'une santé irréprochable, mais la mesure de sa capacité inspiratrice ou vitale est de 0^{lit},767 au-dessous du chiffre normal. L'auscultation ne révèle pas le plus léger trouble des fonctions respiratoires. Trois jours après, cet homme succombe accidentellement, et l'on trouve au sommet du poumon gauche un dépôt de tubercules miliaires qui avait l'étendue de plus d'un pouce carré.

C'est en s'appuyant sur des observations extrêmement nombreuses que Hutchinson a formulé ses principales conclusions relatives à la phthisie. Suivant lui, un abaissement de 16 p. 100 doit déjà éveiller les soupçons. Dans le premier degré de la phthisie confirmée, la diminution est d'environ 33 p. 100; elle peut être portée, dans la période extrême, jusqu'à 90 p. 100, sans que le malade soit sous la menace d'une mort tout à fait prochaine.

Ce n'est pas le lieu de passer en revue bien d'autres causes pathologiques qui peuvent entraver la respiration, et d'indiquer jusqu'à quel point elles agissent sur le seul élément dont le spiromètre fournisse la mesure. Nous nous bornerons ici à rappeler que l'emphysème pulmonaire paraît avoir abaissé presque autant que les tubercules le chiffre de la capacité vitale ou inspiratrice (*).

Si la détermination du volume d'air mis en circulation, pendant les inspirations et expirations exagérées, offre de l'intérêt à cause des applications possibles à la pratique médicale, la notion de la quantité d'air qui entre dans les poumons pendant l'inspiration normale et de celle qui en sort pendant l'expiration correspondante, se rapporte plutôt à la physiologie et à l'hygiène. L'importance non moins grande de cette dernière notion deviendra surtout bien manifeste quand nous parlerons, plus tard, de l'action de l'*air confiné* sur l'organisme.

Nous avons dit (p. 510) qu'assez généralement il est admis que, chez l'homme adulte et bien portant, chaque inspiration ordinaire introduit dans les poumons environ 500 centimètres cubes ou *un demi-litre* d'air; mais que, d'après nos propres observations, d'ailleurs en rapport avec celles d'autres expérimentateurs, cette évaluation nous avait paru un peu exagérée, et qu'*un tiers de litre* représenterait plutôt la moyenne dont il s'agit. La moyenne des inspirations, par minute, étant de 18, l'homme aurait besoin, d'après l'une de ces estimations, d'environ 13 mètres cubes d'air dans les vingt-quatre heures, et, d'après l'autre, seulement d'à peu près 9 mètres cubes.

La première de ces évaluations a été adoptée, avec quelques variantes, par Menzies (1), Dalton (2), Valentin (3), Vierordt (4), P. Bérard (5), etc., et la seconde

(*) Consultez, pour plus de détails, l'excellente revue critique que Ch. LASÈGUE a publiée *Sur l'emploi de la spirométrie en médecine*, et à laquelle nous-même avons emprunté plusieurs documents utiles (*Arch. génér. de méd.*, 5^e série, t. VII, p. 464, année 1856).

(1) *Tentamen physiol. inaug. de respirat.* Edimburg., 1790.

(2) *On Respirat. and Animal Heat* (*Mem. of the Liter. and Philos. Soc. of Manchester*, 1813, 2^e série, t. II, p. 26).

(3) *Grundriss der Physiol.*, p. 253.

(4) WAGNER'S *Handwörterbuch für Physiol.*, t. II, p. 835 (art. RESPIRATION).

(5) *Cours de physiologie*, t. III, 336. Paris, 1851.

par Borelli (1), Goodwin (2), H. Davy (3), Allen et Pepys (4), Jurine (5), J. Dumas (6), etc.

La précédente étude expérimentale a démontré que, dans les mouvements ordinaires de la respiration, le volume d'air expiré est un peu moindre que le volume d'air inspiré. Ce déficit, chez l'homme, a été évalué tantôt à 1/50, tantôt à 1/70 de l'air inspiré. Despretz (7), ayant fait respirer, pendant deux heures, six lapins dans 49 litres d'air pur, reconnut qu'il y avait eu 1 litre de diminution. La perte, suivant d'autres observateurs (Lavoisier, Goodwin, Davy, Allen et Pepys, etc.) a pu être portée à 1/24, lorsque l'animal était resté plongé dans le même air jusqu'à ce que l'altération de ce fluide ne permît plus de le respirer impunément. Nous aurons occasion de revenir bientôt sur la cause de la disparition de cette petite quantité d'air par la respiration.

Nous savons déjà qu'après l'expiration, même la plus forcée et la plus grande possible, les poumons, loin de s'être vidés complétement, renferment encore un volume d'air assez considérable. A plus forte raison, dans la respiration calme, ces organes doivent-ils retenir, après l'expiration, une réserve respiratoire plus grande encore. « Il résulte de là, suivant la remarque judicieuse de P. Bérard (8), qu'après une expiration ordinaire et lorsque nous nous disposons à attirer de nouveau de l'air dans nos poumons, nous pourrions, au lieu de faire cette inspiration, expulser encore une énorme quantité d'air. Soit, ajoute cet auteur, un homme adulte, à poitrine bien développée : si sa respiration est calme, sa poitrine contiendra, après l'expiration, 175 pouces cubes d'air environ; il attirera par l'inspiration 25 pouces cubes, il les rendra (à peu près) par l'expiration, et il continuera ainsi, ayant alternativement dans la poitrine 175 et 200 pouces cubes d'air. » — Ainsi, à chaque inspiration, l'air qui pénètre dans les poumons ne fait qu'accroître la proportion de celui qui y était déjà renfermé, et, à chaque expiration, il demeure en réserve, pour les besoins incessants de l'hématose, une quantité d'air qui varie avec l'énergie de ce mouvement respiratoire. C'est grâce à cette réserve que, sans inconvénients pour l'hématose, nous pouvons suspendre notre respiration durant quelques instants. Quand il s'agit, comme pour le plongeur, de faire provision du plus grand volume possible d'air pur, plusieurs inspirations et expirations forcées deviennent nécessaires pour renouveler la réserve respiratoire toujours plus ou moins viciée; ainsi on arrive facilement, comme chacun peut le vérifier sur soi-même, à suspendre tout mouvement respiratoire pendant un temps environ trois fois plus long que dans les circonstances ordinaires.

Il est à peine besoin de rappeler que la quantité d'air qui entre dans les poumons et celle qui en sort, à chaque inspiration et expiration normales, varient aussi suivant les *individus*, les *âges* et les *sexes*. Ici encore, la *stature* surtout paraît avoir une notable influence, et la loi établie par Hutchinson peut trouver également son application.

(1) *De motu animalium*, part. II, propos. 81, p. 95.
(2) *De la connexion de la vie avec la respiration*, trad. franç. de Hallé, p. 23.
(3) *Researches, Chem. and Philos.*, etc. London, 1800, p. 410.
(4) *Philos. Trans.*, p. 280, année 1808.
(5) *Mém. de la Soc. de méd.*, t. X, p. 21.
(6) *Essai de statique chimique des êtres organisés*, p. 82, 2e édit. Paris, 1842.
(7) *Annales de chimie et de physique*, t. XXVI, p. 337.
(8) *Cours de physiologie*, t. III, p. 335.

VII. — Au contact des surfaces respiratoires, l'air subit de notables changements dans ses propriétés physiques et dans sa constitution chimique : il en résulte que les animaux n'expirent pas, à proprement parler, de l'air, mais un mélange gazeux qui renferme, avec les principes de l'air atmosphérique altérés dans leurs quantités relatives, les produits propres à la respiration elle-même. Ce mélange gazeux est habituellement désigné sous le nom d'*air expiré*. Déjà (p. 464 et suiv.) nous avons fait connaître la composition normale de l'*air inspiré* qui, au moins pour l'homme et les animaux aériens, est l'air atmosphérique proprement dit; il nous faut maintenant aborder l'étude comparative du mélange aériforme rendu dans l'expiration, et, partant, analyser les faits nombreux qui se rattachent à cette étude, faits établis par l'expérimentation et sur lesquels doit s'appuyer toute théorie de la fonction respiratoire (*).

A. — L'étude des altérations de l'air par la respiration des animaux date surtout du XVII[e] siècle. Déjà, auparavant, on avait bien dit que l'air qui a servi à la respiration est impropre à y être employé de nouveau, qu'il est devenu *irrespirable;* mais c'est aux expériences de Rob. Boyle (1) que doit être rapportée la première démonstration de ce fait fondamental. Pour apprécier toute la valeur de ces expériences, publiées en 1670, il convient de se rappeler quelles idées régnaient alors sur l'essence et le but de la fonction respiratoire : l'air, introduit dans le corps des animaux, était réputé n'avoir d'autre mission que de rafraîchir le sang, d'augmenter sa densité (2), ou encore de lui enlever certaines vapeurs (3). Ces idées, léguées aux physiologistes du moyen âge par ceux de l'antiquité, étaient encore soutenues, en 1718, par Helvétius (4). Et pourtant les recherches de Rob. Boyle (5) avaient appris que, si l'on place des animaux dans un espace clos et renfermant une médiocre quantité d'air, on ne tarde pas à voir survenir les accidents de l'asphyxie ; que ces accidents amènent la mort quand on poursuit l'expérience dans les mêmes conditions ; qu'ils s'amendent au contraire, et que les animaux reviennent, pour ainsi dire, à la vie, si l'on permet l'introduction d'une nouvelle quantité d'air pur. Comme on pouvait supposer qu'ici l'air confiné n'était devenu impropre à rafraîchir le sang et à maintenir la vie que parce qu'il s'était échauffé dans le corps des animaux séquestrés, Boyle combattit cette interprétation en prouvant que l'air, une fois vicié par la respiration, demeure tout aussi irrespirable après qu'on a notablement abaissé sa température. Aux yeux des iatro-mécaniciens de cette époque, la mort dans l'air confiné dépendait aussi et surtout de la diminution de l'*élasticité* de ce fluide ; et pour Cygna (6), qui plus tard (1759) ne regardait encore la respiration que comme un moyen d'exhalation et de rafraîchissement, la mort, en pareil cas, reconnaissait deux causes : 1° la cessation de

(*) Pour les changements que la RESPIRATION DES PLANTES fait éprouver à l'air, nous renvoyons le lecteur à ce qui en a été dit précédemment (p. 439 et suiv.), dans les considérations générales sur la respiration. On a pu voir combien est intéressante cette étude qui touche à une des grandes harmonies de la Nature : la *respiration diurne* des plantes représente, en sens inverse, celle des animaux, et elle en compense les effets dans l'atmosphère.

(1) *Philos. Transact.*, ann. 1670, § 15, p. 2046 et suiv.

(2) DESCARTES, *Œuvres publiées par V. Cousin*. Paris, 1824, tome IV, p. 446.

(3) SWAMMERDAM, *Tractatus de respiratione usuque pulmonum*, 1667.

(4) *Mém. de l'Acad. des sciences*, 1718, p. 222.

(5) *Loc. cit.*

(6) *De causa extinctionis flammæ et animalium in aere interclusorum* (*Miscellan. philos. mathem. Soc. Taurin.*, t. I. Turin, 1759).

la *transpiration* empêchée par les *vapeurs* dont l'air expiré est chargé et comme saturé ; 2° l'irritation que les *vapeurs infectées* occasionnent dans les bronches, qui alors se resserrent et refusent l'accès à l'air qui doit les dilater.

Assurément Rob. Boyle (un des premiers à qui l'on dut la connaissance de l'absorption de l'air dans les calcinations et les combustions), fût allé au delà des notions qui viennent d'être rappelées, si la chimie de son temps lui eût été d'un plus grand secours. Cet éminent observateur essaya, il est vrai, de déterminer la nature de l'altération qui rend l'air expiré incapable d'entretenir le travail chimique de la respiration ; mais, sous ce rapport, il ne put arriver à aucun résultat précis et digne d'intérêt, attendu que l'art de recueillir convenablement les gaz était encore ignoré.

J. Mayow (1) fut entravé par la même cause dans la vérification de la plupart de ses prévisions si remarquables ; tout en ayant indiqué l'existence et le rôle de l'oxygène, il ne pouvait non plus émettre que des notions incomplètes sur les changements que l'air éprouve dans l'appareil respiratoire (*). C'est depuis que Moitrel, et surtout Hales (2) eurent fourni à la chimie naissante leurs procédés de manipulation des gaz, que, grâce aux travaux mémorables de quelques savants, la lumière commença à se faire sur le sujet qui nous occupe. Jusque-là on n'avait guère que des théories ou des conjectures, au lieu de faits expérimentalement établis.

En 1757, Joseph Black (3) reconnut la présence de l'acide carbonique (*fixed air*) dans l'air expiré par l'homme et par les animaux. Il y avait déjà un siècle et demi que Van Helmont (4), en étudiant les produits de la combustion du charbon et ceux de la fermentation vineuse, y avait distingué et décrit un gaz (*air sylvestre*), qui n'est autre aussi que l'acide carbonique des chimistes modernes. C'est à l'aide d'une expérience bien simple, et mille fois répétée depuis, que Black (5) retrouva dans l'air expiré ce même fluide : « Je me convainquis, dit-il, que le changement produit sur l'*air salubre* (ou ordinaire), par l'acte de la respiration, provenait principalement, *si ce n'est uniquement*, de la conversion d'une partie de cet air en *air fixe* (acide carbonique) ; car je trouvai qu'en soufflant, au moyen d'un tube, dans de l'eau de chaux ou dans une solution d'alcali caustique, je fai-

(1) *Tractatus quinque physico-medici quorum primus agit de sale nitro et* spiritu nitro-aero ; *secundus, de* respiratione, etc. Oxonii, 1674.

(*) Toutefois un tribut d'éloges et d'admiration est dû à JEAN MAYOW qui, mort à trente-quatre ans, fut le précurseur des créateurs de la chimie pneumatique.

Déjà, pour lui, l'air est un *composé* gazeux qui renferme un principe (*gaz* ou *esprit nitro-aérien* ou *igno-aérien*) apte à entretenir la vie en passant dans le sang par la respiration, et produisant ainsi la *rutilance* du sang artériel, une *fermentation* et la *chaleur animale*. Ce même principe, ajoute MAYOW, s'unit, dans la combustion, au corps qui est brûlé ; il engendre les acides en se combinant avec certains corps (tels que le soufre, etc.), et, condensé dans le *sel de nitre*, il fait qu'un mélange de ce dernier et de soufre peut brûler dans le vide ; c'est encore le *gaz* ou *esprit nitro-aérien* de l'air qui se combine avec le fer pour donner naissance à la rouille. Enfin, suivant le même auteur, quand on a soumis un corps à la combustion en vase clos, l'air qui reste (bien différent de l'esprit nitro-aérien qui s'est uni au corps brûlé) ne peut ni alimenter la combustion, ni entretenir la vie.

Or, traduisons les mots *principe igno-aérien*, *gaz* ou *esprit nitro-aérien*, par OXYGÈNE, et nous aurons le fondement de tout l'édifice de la Chimie moderne, le principal fragment de la théorie actuelle des rapports des êtres vivants avec l'atmosphère.

(2) *La statique des végétaux et celle des animaux*, trad. franç., ch. VI, pl. 15 à 20. Paris, 1779.

(3) *Lectures on the Elements of Chemistry*, etc. Londres, 1803, 2 vol. in-4, édit. de J. ROBISON.

(4) *Ortus medicinæ*, etc. Amsterdam, 1648.

(5) *Ouvr. cit.*, et *Bibliothèque Britannique*, t. XXVIII, p. 329, année 1805.

sais précipiter la chaux et perdre à l'alcali sa causticité. » Si Black n'est parvenu ni à découvrir la nature intime de son *air fixe* (que plus tard Bergmann nomma *acide aérien*) (*), ni à déterminer les rapports existant entre la production d[e] ce gaz et le rôle de l'air dans la fonction respiratoire, au moins il a démontré qu[e] le gaz ainsi exhalé de la poitrine est impropre à la respiration des animaux comm[e] à l'entretien de la flamme.

Tel était l'état de la question, quand parurent Priestley en Angleterr[e], Scheele en Suède, et Lavoisier en France. On savait donc déjà que, par le fait d[e] la respiration, l'air cesse d'être respirable, et qu'il s'y mêle une quantité notabl[e] d'acide aérien ou acide carbonique. De plus, dans l'air inspiré ou ordinaire, on pre[s]sentait l'existence d'un principe spécial auquel revenait le rôle important dans l[a] respiration et la combustion, principe imaginé par Nicolas Lefèvre (1) sous l[e] nom d'*esprit universel*, et entrevu, avec ses principales propriétés, par Jea[n] Mayow (2), qui le nommait *gaz* ou *esprit nitro-aérien*.

A Priestley (3) revient la gloire d'avoir isolé, le premier, ce principe des com[-]bustions, cet agent essentiel à la fonction respiratoire : le 1er août 1774, il obtint par la calcination du précipité rouge ou bioxyde de mercure, un gaz nouveau, qu'[il] appela d'abord *air déphlogistiqué*, et auquel fut donné bientôt le nom définit[if] d'*oxygène*. A Priestley sont également dues d'importantes recherches sur la resp[i]ration (4) : comme plusieurs de ses devanciers, il reconnut d'abord que l'air expir[é] renferme de l'*air fixe* (acide carbonique), aussi bien que l'air vicié par la com[-]bustion ou la fermentation, et que les animaux y périssent quand on les y tien[t] plongés ; mais de plus il fit voir que, pour restituer à ce fluide vicié ses propriété[s] primitives, il suffit de le tenir pendant quelques jours en contact avec des plante[s] en pleine végétation : celles-ci prospèrent dans cet air altéré qui, peu à peu, rede[-]vient propre à l'entretien de la combustion et à la respiration des animaux. — Expé[-]rience à jamais mémorable qui nous révèle, avec la cause de l'invariabilité de com[-]position de l'atmosphère, une des plus belles harmonies de la Nature vivante : e[n] respirant, les Animaux modifient l'air et le rendent éminemment propre à l[a] nutrition des Plantes, tandis qu'à leur tour, par leur respiration, les Plantes le chan[-]gent d'une façon inverse et le rendent de nouveau respirable pour les Animaux (**).

Ajoutons, pour y revenir ailleurs, qu'à l'aide des expériences les mieux insti[-]tuées, Priestley (5) démontra encore que l'air commun et l'*air déphlogistiqu[é]* (oxygène) ont seuls le pouvoir de donner au sang veineux la couleur rutilante d[u] sang artériel, et que cette réaction peut s'opérer à travers une membrane orga[-]nique humide comme au contact direct de l'air avec le sang ; tandis qu'en mettan[t] du sang rouge ou artériel en contact avec de l'*air fixe* (acide carbonique), de l'*a[ir]*

(*) Quelques années après Black, BERGMANN, vers 1774, étudia avec beaucoup de soin les pr[o]priétés de l'acide carbonique (*acide aérien*), et reconnut que ce fluide entre dans la compositi[on] de l'air atmosphérique lui-même. (Voir ses *Opusc. phys. et chim.* t. I, Stockholm, 1779, et l[es] *Mém. de l'Acad. des sc. de Stockholm* pour l'année 1774.)

(1) *Loc. cit.* — Voir plus haut, p. 464.
(2) *Ouvr. cit.*
(3) *Experiments and Observations on Different Kinds of Air*, 1775, t. II, p. 4[illegible]. — *Ibid* traduction française de GIBELIN. Paris, 1777, t. II, p. 41 et suiv.
(4) *Philos. Transact.*, mars 1772.

(**) Consulter les expériences confirmatives d'INGENHOUSZ, dans *Expériences sur les vég[é]taux*, etc., trad. franç., t. I, Paris, 1787-1789.

(5) *Observ. on Respir. and the Use of Blood* (*Philos. Transact.*, 1776, p. 226).

inflammable (hydrogène) ou de l'*air phlogistiqué* (azote), on le voit prendre la couleur brun-noirâtre du sang veineux.

Après avoir si bien saisi les principaux phénomènes de la respiration, avoir eu en sa puissance tous les éléments nécessaires pour donner à la fois la vraie théorie de cette importante fonction et la composition de l'air atmosphérique, Priestley, en s'obstinant à rester fidèle à la doctrine surannée du phlogistique, laissa l'éclatant honneur de ces découvertes à LAVOISIER.

En effet, vers la même époque (1777) s'effectuait, en France, la grande découverte de Lavoisier, celle de la *composition de l'air* (voy. plus haut, p. 466), découverte qu'il complétait bientôt en déterminant la *composition du gaz acide carbonique* (1). — Dès lors, en possession de faits fondamentaux, de méthodes d'investigation exactes et fécondes, la Chimie allait imprimer une autre direction aux recherches physiologiques sur la respiration.

Les chimistes, à qui était due cette ère nouvelle, furent les premiers à s'engager avec ardeur dans de pareilles recherches. Le fait si important de l'*absorption de l'oxygène*, dans la respiration de l'homme et des animaux, fut définitivement établi dans un des immortels mémoires de Lavoisier (2), où, après avoir rappelé ses expériences relatives à la décomposition de l'air et les corollaires qu'il en avait déduits, ce grand réformateur expose comparativement ses nouvelles recherches sur la respiration. « Un moineau franc fut mis sous une » cloche remplie d'air commun et plongée dans une jatte pleine de mercure ; la » partie vide de la cloche était de 31 pouces cubiques... » L'animal éprouva peu à peu le malaise de l'asphyxie, et cessa de vivre au bout de 55 minutes. Après l'expérience, l'air confiné de la cloche, une fois revenu à la température ambiante, avait diminué d'environ $\frac{1}{60}$ de son volume. En étudiant cet air *vicié par la respiration* et en le comparant à celui qu'il avait vu s'altérer par la calcination du mercure, Lavoisier démontra que l'un et l'autre sont en effet irrespirables et impropres à entretenir la combustion, mais que cette altération de propriétés dépend, dans le premier cas, de ce que l'air renferme de l'acide carbonique et moins d'oxygène qu'à l'état normal, et, dans le second, seulement de ce qu'il a été privé d'une partie de son oxygène : en d'autres termes, dans la calcination des métaux, l'azote de l'air atmosphérique demeure intact, et une portion d'oxygène est soustraite à ce milieu sans être remplacée par un autre gaz ; tandis que, dans la respiration des animaux, l'azote reste encore intact, et une portion d'oxygène disparaît aussi, mais pour être remplacée par un volume à peu près équivalent d'acide carbonique. Aux yeux de Lavoisier, le dégagement d'acide carbonique constitue donc la seule différence réelle entre les effets de la calcination et ceux de la respiration sur l'air atmosphérique.

Voici, du reste, comment Lavoisier (3) formule les conclusions de son beau travail, en ce qui touche la respiration : « Il résulte de ces expériences que, pour ramener à » l'état d'air commun et respirable l'air qui a été vicié par la respiration, il faut » opérer deux effets : 1° enlever à cet air, par la chaux ou par un alcali caus- » tique, la portion d'acide crayeux aériforme (acide carbonique) qu'il contient ; » 2° lui rendre une quantité d'air éminemment respirable ou déphlogistiqué

(1) *Mém. de l'Acad. des sc. de Paris*, 1781, p. 448.
(2) *Expériences sur la respiration des animaux et sur les changements qui arrivent à l'air en passant par leur poumon* (*Mémoires de l'Acad. des sciences de Paris*, année 1777, p. 185).
(3) *Ibid.*, ann. 1777, p. 191.

» (oxygène) égale à celle qu'il a perdue. La respiration, par une suite nécessaire, » opère l'inverse de ces deux effets, et je me trouve à cet égard conduit à deux » conséquences également probables, et entre lesquelles l'expérience ne m'a pas » mis encore en état de prononcer.....

» D'après ce qu'on vient de voir, on peut conclure qu'il arrive de deux choses » l'une, par l'effet de la respiration : ou la portion d'air éminemment respirable » (oxygène) contenue dans l'air de l'atmosphère est convertie en acide crayeux » aériforme (acide carbonique), en passant par le poumon ; ou bien *il se fait un* » *échange* dans ce viscère : d'une part, l'air éminemment respirable (oxygène) » est absorbé, et, de l'autre, le poumon restitue à la place *une portion* d'acide » crayeux aériforme (acide carbonique) *presque égale* en volume. »

Puis, discutant l'une et l'autre opinion, Lavoisier (1) déclare être porté à croire que ces deux effets ont lieu simultanément pendant l'acte de la respiration. — On ne saurait d'ailleurs trop admirer avec quelle sage réserve il expose sa manière de voir, avec quelle force et quelle netteté il a su formuler tout d'abord des idées que, depuis bientôt un siècle, les physiologistes poursuivent encore en s'inspirant de son génie.

Pour apprécier le pas immense que la science venait de franchir, il suffit de se reporter aux opinions que professait, à cette époque, un des émules de Lavoisier, le célèbre Priestley. Suivant lui (2), puisque tout le sang traverse le poumon, et que, dans cet organe, il perd sa couleur noirâtre et y devient vermeil, l'usage principal du sang en circulation doit être de s'emparer du *phlogistique* dont est chargé le corps animal, pour s'en débarrasser plus tard par l'entremise de l'air avec lequel le fluide sanguin est en contact médiat dans le poumon. Si le sang veineux est *noir* et le sang artériel *rouge*, c'est que le premier est saturé de phlogistique, tandis que le second s'en est dépouillé. A sa sortie des voies pulmonaires, l'air est bien plus phlogistiqué que lors de son entrée. Par conséquent, le rôle du poumon consiste à décharger l'organisme du phlogistique qui y avait pénétré avec les aliments et qui s'y était comme usé ; l'air respiré fait ici l'office de dissolvant. Mais si le sang, séparé de ce fluide par une membrane organique seulement, cède du *phlogistique* à l'atmosphère et produit ainsi de l'air phlogistiqué, les plantes, venant à leur tour absorber ce principe du feu, déphlogistiquent l'air et le rendent de nouveau apte à se charger de ce même principe dont les animaux devaient être débarrassés.

A cette manière incomplète ou plutôt erronée de caractériser les phénomènes physico-chimiques de la respiration, on reconnaîtrait difficilement l'auteur de tant de belles découvertes afférentes à cette grande fonction. C'est que, nous l'avons vu, Priestley subissait encore l'influence d'une théorie expirante (la théorie du phlogistique de Stahl), qui ne devait définitivement disparaître que sous les efforts de Lavoisier.

Il en fut de même de l'illustre Scheele, qui lui aussi avait reconnu, de son côté, que l'air atmosphérique *se compose* de *deux* fluides élastiques, l'*air du feu* (oxygène) et l'*air corrompu* (azote) : comme Priestley, il resta fidèle à la doctrine du phlogistique, laquelle ne pouvait en aucune manière faire avancer la théorie de la respiration. Les hypothèses si étranges de Scheele, à ce sujet, Lavoisier les a dissipées d'un souffle.

(1) *Mém. cit.*, p. 191.
(2) PRIESTLEY, *Expériences et observations sur les différentes espèces d'air*, trad. franç. de Gibelin. Paris, 1777, t. II, p. 262-281. — Et *Philos. Transact.*, 1776, p. 226.

Quant aux travaux de Lavoisier, ils formaient, avec les conclusions que son génie avait su en faire jaillir, un majestueux ensemble ayant pour but d'expliquer à la fois les phénomènes de la combustion et ceux de la respiration : aussi, nous l'avons dit, à peine la composition de l'air lui fut-elle connue, qu'il constata l'*absorption de l'oxygène* dans la respiration de l'homme et des animaux ; et, comme il venait de démontrer que l'*air fixe*, ou acide aérien, est composé d'oxygène et de carbone, il sut bientôt relier la production et l'exhalation de ce gaz acide à l'absorption de l'oxygène, puis établir définitivement, sur des preuves expérimentales, cette analogie entre la combustion et la respiration, soupçonnée avant lui par plus d'un chimiste, et notamment par J. Mayow (1).

Ainsi furent inaugurées les recherches des modernes sur la composition de l'air expiré et sur les produits fournis par la respiration. Plus de doutes à présent sur les causes de la mort des animaux dans l'air confiné, sur la composition de l'*acide carbonique*, agent principal de leur asphyxie ; sur la composition de l'*air* lui-même, dont un principe (oxygène) est éminemment respirable et favorable à la combustion, et dont l'autre (azote) ne peut servir seul ni à la combustion des corps, ni à la respiration.

L'*absorption d'oxygène* et l'*exhalation d'acide carbonique*, pendant l'accomplissement de la respiration, tels sont donc les deux faits fondamentaux sur lesquels il importe de s'arrêter tout d'abord. — Après leur examen, il y aura lieu de rechercher ce qu'il advient pour l'*azote* de l'air, et de parler aussi de cette exhalation aqueuse qui, sous le nom de *transpiration pulmonaire*, intervient d'une manière si active dans les phénomènes de la nutrition en général.

Ces diverses questions ne seront envisagées d'abord qu'au point de vue des altérations habituelles de l'air par l'acte respiratoire, c'est-à-dire de la *composition de l'air expiré*, dans les *conditions les plus ordinaires*.

Quand le moment sera venu, nous reprendrons les mêmes problèmes pour les examiner sous une nouvelle face, en nous servant, comme point de départ, des faits qui vont être passés en revue : alors seront étudiées les différentes conditions qui influent à la fois sur les quantités absolues d'oxygène absorbé, d'azote, d'acide carbonique ou de vapeur d'eau exhalés, et sur les rapports existant entre l'exhalation d'acide carbonique et l'absorption d'oxygène.

Le volume et l'espèce de l'animal, l'âge et le sexe, l'état de plénitude ou de vacuité de l'estomac, la quantité et la nature des matières alimentaires et des boissons, une nourriture insuffisante, l'inanition, l'état de repos ou de mouvement, de sommeil ou de veille, les variations de pression de l'air, l'état thermique et hygrométrique de ce milieu, le nombre et la profondeur des inspirations, l'engourdissement hibernal propre à certaines espèces animales, la léthargie par le froid, divers états pathologiques, ou même physiologiques, comme est la menstruation chez la femme, etc., représentent, ainsi qu'on le verra, autant de conditions et de causes qui modifient, d'une manière parfois très notable, les précédents effets ou produits de la respiration.

(1) *Loc. cit.*

B. — Le problème physiologique qui va nous occuper d'abord a été posé, sous sa véritable forme, par Lavoisier lui-même (1), qui de plus a indiqué la meilleure méthode à suivre pour le résoudre ; ce problème doit être formulé ainsi : *Quelle est la quantité absolue d'oxygène absorbé, dans un temps donné, par un homme ou par un animal vivant dans des conditions normales?*

Pour arriver à une solution satisfaisante, il faut *observer directement* quel volume d'oxygène disparaît durant un laps de temps déterminé. C'est là une condition expérimentale qui est loin d'avoir été remplie par tous ceux qui ont cherché cette solution. Lavoisier ne s'y est pas trompé ; voici comment il décrit (2) ses expériences sur des cabiais : « Nous commencions par faire passer sous une cloche de verre *une quantité connue d'air vital* (oxygène) ; nous y introduisions ensuite le cochon d'Inde, en le faisant passer à travers l'eau. Dès qu'il était sous la cloche, nous le soulevions et nous le soutenions dans l'air qu'elle contenait, à l'aide d'une espèce de sébile de bois montée sur trois pieds et recouverte d'une toile de crin : les pieds de ce support étaient assez longs pour que l'animal fût soutenu à 6 ou 8 pouces au dessus de la surface de l'eau. On conçoit que la sébile, en passant ainsi à travers l'eau, devait s'en remplir; nous la vidions avec un siphon, après quoi nous y introduisions de l'alcali au moyen d'un entonnoir adapté à un tube recourbé. Pour plus de sûreté, nous placions encore, entre les pieds du support, une capsule qui nageait sur la surface de l'eau et que nous remplissions également d'alcali. Avec ces précautions, le gaz acide carbonique était aussitôt absorbé que formé, et l'animal n'était pas plus incommodé que s'il eût respiré dans l'air libre. Si l'expérience dure longtemps, plusieurs jours par exemple, il faut remplacer par des quantités connues d'air vital (oxygène) celui qui est absorbé par la respiration de l'animal, ou plutôt qui est employé à former du gaz acide carbonique et de l'eau. On doit avoir également soin de renouveler l'alcali, lorsqu'il approche d'être saturé d'acide carbonique. »

Dans les lignes qui précèdent, sont résumées les conditions fondamentales auxquelles Lavoisier a cru devoir satisfaire : les animaux sont placés dans un volume déterminé d'oxygène (air vital) ; l'acide carbonique qu'ils exhalent est absorbé avec soin ; des quantités connues d'oxygène leur sont fournies de nouveau, si cela est nécessaire. Lavoisier a donc pu *observer directement* la quantité absolue d'oxygène absorbé par ces animaux dans un temps donné.

Il ajoute d'ailleurs avoir répété les mêmes expériences en introduisant sous la cloche des *mélanges déterminés d'oxygène et d'azote*, et avoir ainsi reconnu que la respiration, accomplie dans ces mélanges ou bien dans l'oxygène pur, donne constamment lieu aux mêmes produits (3).

Quant à ce qui concerne l'absorption de l'oxygène, spécialement dans la respiration humaine, malheureusement Lavoisier n'a point décrit dans son mémoire (4) l'appareil qu'il a employé pour observer ce phénomène sur son collaborateur Séguin. « Quelque pénibles, y est-il dit, quelque désagréables, *quelque dangereuses* même que fussent les expériences auxquelles il a fallu se livrer, M. Séguin a désiré qu'elles se fissent toutes sur lui-même..... L'Académie a sous les yeux une partie des appareils dont nous nous sommes servis. Nous en donnerons la description

(1) *Mém. de l'Acad. des sc. de Paris*, année 1789, p. 566.
(2) *Mém. cit.*, année 1789, p. 572.
(3) *Mém. cit.*, 1789, p. 573.
(4) *Mém. cit.*, 1789, p. 575.

détaillée dans un autre mémoire. » — Cette description ne se retrouve point dans le mémoire de 1790 (1), et ne semble pas avoir été jamais publiée. Mais il est bien présumable qu'ici encore Lavoisier dut opérer dans des conditions aussi analogues que possible à celles où il avait placé les cabiais ; cette supposition légitimerait d'ailleurs l'expression « dangereuses » dont il se sert pour caractériser les expériences auxquelles son collaborateur désira se soumettre. Il y a donc lieu de croire, selon nous, que la quantité d'oxygène absorbé par l'homme fut aussi observée et mesurée d'*une manière directe*. Ce point mérite qu'on s'y arrête, parce qu'à l'époque où Lavoisier donnait ses évaluations de l'absorption d'oxygène, dans la respiration de l'homme, les proportions des principes constituants de l'air n'étaient pas encore déterminées d'une manière aussi rigoureuse qu'elles le sont à présent : 100 parties d'air atmosphérique étaient alors supposées contenir 25,0 ou même 27,0 d'oxygène, en volumes, au lieu de 20,8 qui est la proportion universellement admise aujourd'hui. Or, on comprendrait que si Lavoisier, comme l'ont supposé quelques auteurs, se fût borné à constater quelle diminution avait subie la proportion de l'oxygène dans l'air expiré, pour en conclure par différence la consommation d'oxygène, son évaluation serait en effet exagérée de toute la différence existant entre la quantité réelle et la quantité supposée de ce gaz dans l'air inspiré. Mais, avant d'adopter une pareille critique, qu'il nous soit permis de faire observer que, si les difficultés de l'expérimentation avaient contraint Lavoisier à changer de méthode sur un point aussi capital que le *dosage direct* de l'oxygène absorbé, il en aurait sans doute prévenu le lecteur en énonçant les résultats que nous ferons bientôt connaître. Du reste, la critique dont il s'agit, dût-elle être légitime, qu'elle ne changerait rien à la conclusion générale du précédent travail, qui nous révèle ce fait important, à savoir, que *la quantité d'oxygène absorbé diffère très notablement pour un même homme, suivant les conditions diverses dans lesquelles il se trouve placé.*

Au point de vue de la méthode de détermination, nous croyons devoir répéter que, dans ce même travail, Lavoisier insiste beaucoup sur la nécessité de séquestrer, dans une *quantité connue d'oxygène*, tout sujet mis en expérience, de l'y faire séjourner un *temps fixe* en maintenant autour de lui les conditions les plus analogues à l'état normal, afin de noter ensuite la diminution que l'oxygène a subie ; cette diminution se mesure par la quantité de ce gaz qu'il faut rendre au mélange respirable.

Peu de recherches relatives à cette question paraissent avoir été conduites avec une semblable rigueur ; aussi, lorsque Regnault et Reiset (2) voulurent, de nos jours, étudier la partie chimique de la respiration, adoptèrent-ils la méthode expérimentale de Lavoisier, en s'entourant de toutes les minutieuses précautions auxquelles a dû s'astreindre la science moderne. Les travaux plus anciens de Dulong (3) et ceux de Despretz (4) ont été exécutés dans des conditions analogues, c'est-à-dire qu'ils présentent également un *dosage direct* de l'oxygène emprunté à l'air.

Cette même méthode permet, en outre, de déterminer *directement* la quantité de carbone brûlé par l'animal ; il est facile, en effet, de mesurer la quantité d'acide carbonique qu'il exhale. Quant à la combustion de l'hydrogène, elle ne

(1) *Mém. de l'Acad. des sc.*, 1790, p. 601.
(2) *Ann. de chim. et de phys.*, 3e série, t. XXVI, p. 299.
(3) *Même recueil*, 3e série, t. I, p. 440.
(4) *Même recueil*, 2e série, t. XXVI, p. 337.

saurait être représentée par la vapeur d'eau exhalée, car une portion de cett eau est évidemment empruntée aux aliments et aux boissons, tandis qu'une autr provient de la précédente combustion. Mais, connaissant la quantité totale d'oxy gène consommé et la proportion de ce gaz qui a été employée à faire de l'acid carbonique, une simple soustraction suffit pour évaluer la proportion d'oxygèn employée à faire de l'eau, et par suite la quantité d'hydrogène brûlé.

D'autres observateurs ont procédé d'une manière plus facile, mais moins sûre Sans se préoccuper de mesurer exactement le volume d'air fourni à la respiration et d'ailleurs frappés des avantages qu'il y a, pour conserver aux organes leur je naturel, de laisser le sujet dans l'air ordinaire et libre, ces expérimentateurs se son appliqués : 1° à analyser, *par proportions centésimales*, l'air de l'espace où respi le sujet ; 2° à doser le volume de gaz rendu à chaque expiration ; 3° à compter l nombre d'expirations accomplies en un temps donné ; 4° enfin à recueillir l'a expiré pendant ce laps de temps et à l'analyser également par proportions cen tésimales. — De ces différentes données expérimentales on déduit, par le calcul, l quantité d'oxygène absorbé : ainsi, l'analyse apprend que l'air expiré renferm 4 ou 5 centièmes d'oxygène de moins que n'en contenait l'air inspiré ; on a con staté d'ailleurs que le sujet faisait, par exemple, 18 expirations par minute, e que chaque expiration donnait, *en moyenne*, un demi-litre de gaz ; cela suppos donc 9 litres de gaz expiré par minute, et, puisque l'analyse a indiqué une dim nution d'oxygène de 4 à 5 centièmes, le calcul donnera, par conséquent, un consommation d'oxygène de $0^{lit},360$ à $0^{lit},450$ par minute, c'est-à-dire enviro 24 litres par heure. — Nous donnons cet exemple pour montrer quelle part consid rable le calcul prend dans une telle méthode et quelles chances d'erreurs celle-c comporte nécessairement. Gavarret (1) en a très judicieusement discuté la valeu et il lui reproche avec raison de ne pouvoir faire connaître, ni la *quantité absolu* d'oxygène absorbé dans un temps donné, ni les proportions de cet oxygène q se sont combinées avec le carbone et l'hydrogène du sang, ni enfin la quanti d'azote exhalé ou absorbé. Or, ce sont là les trois grands éléments de la questio chimique de la respiration : toute méthode qui ne conduit point à des détermina tions exactes de ces trois éléments du problème, ne saurait mériter une confian entière, et les résultats qu'elle fournit ne peuvent être cités qu'en seconde lig après ceux que donne, avec beaucoup plus d'autorité, la *méthode directe* d Lavoisier, adoptée par Dulong, Despretz, Regnault, etc.

En ce qui concerne spécialement l'*absorption de l'oxygène*, la méthode d analyses par proportions centésimales peut bien déterminer avec précision l proportions comparatives d'oxygène et d'azote dans l'*air expiré*, et, en les ra prochant de ce qui a été constaté à cet égard dans l'*air inspiré*, elle pourr également servir à déduire combien il a disparu d'oxygène, si, *dans l'un comm dans l'autre, la quantité absolue d'azote ne variait point*. Or, cette conditi essentielle de la certitude d'une semblable déduction ne se réalise pas dans respiration : il y a, comme on le verra plus loin, exhalation d'azote dans les c constances ordinaires. Ce fait ôte donc toute valeur à la détermination pure simple des proportions centésimales de chacun des gaz contenus dans l'air expi Gavarret (2) le démontre d'ailleurs très bien par l'exemple suivant :

(1) *De la chaleur produite par les êtres vivants*, p. 365 et suiv. Paris, 1855.
(2) *Ouvr. cit.*, p. 364.

« Soit, dit ce savant physicien, la composition de l'air sec ramené à la température de 0° et à la pression 0^{m},76 :

Avant l'inspiration.			Après l'expiration.
Azote	79,200		81,200
Oxygène	20,797		14,797
Acide carbonique	0,003		4,003
	100,000		100,000

» L'air expiré contient 4 centièmes d'acide carbonique de plus que l'air inspiré. Ce gaz est évidemment un produit des combustions respiratoires, et représente d'ailleurs un volume d'oxygène égal au sien, qui aura été emprunté à l'air inspiré pour brûler le carbone des matériaux du sang. Mais, tandis que l'acide carbonique exhalé n'accuse que 4 centièmes d'oxygène absorbé, l'air expiré en contient réellement 6 centièmes de moins que l'air inspiré. Dirons-nous que les *deux centièmes* d'oxygène qu'il faut ajouter à celui de l'acide carbonique exhalé, pour en retrouver la même proportion dans l'air expiré et dans l'air inspiré, ont été absorbés et employés à faire de l'eau avec l'hydrogène des matériaux brûlés? La conclusion serait légitime, si, dans la respiration, il n'y avait ni exhalation, ni absorption d'azote. Nous savons que cette hypothèse est inadmissible. »

Avec une simple analyse, par proportions centésimales, de l'air expiré, il est impossible en effet de résoudre la difficulté : s'il y a eu une exhalation d'azote de 2 centièmes, le résultat sera encore celui de l'analyse précédente, et il n'y aura pas eu d'autre oxygène absorbé que celui de l'acide carbonique; s'il y a eu au contraire combustion d'hydrogène, le résultat sera encore le même, et la quantité d'azote pourra n'avoir pas varié, parce que, dans une semblable analyse, toute variation dans la proportion de l'azote ou de l'oxygène entraîne forcément une variation en sens inverse dans la proportion de l'autre gaz. Aussi reconnaissons-nous que les analyses de l'air expiré, par proportions centésimales, ne peuvent servir à déterminer avec certitude la quantité d'oxygène consommé dans la respiration, et n'admettons-nous qu'avec réserve les résultats qu'on en a extraits et que citent beaucoup de physiologistes.

Une troisième méthode a été introduite dans la science par Boussingault (1), qui l'a appliquée avec succès à divers animaux (vache laitière, cheval, tourterelle). Voici en quoi elle consiste : Étant donné un *animal adulte*, on le nourrit de façon que son poids ne diminue ni n'augmente pendant toute la durée de l'observation, ou, en d'autres termes, on le soumet à la *ration d'entretien ;* on pèse tout ce qu'il introduit sous forme liquide ou solide dans son tube digestif, et tout ce qu'il expulse au dehors par les déjections solides ou liquides, puis on retranche la seconde quantité de la première. La différence représente nécessairement, en poids et en nature, la perte que l'animal a faite par la respiration et par l'exhalation cutanée. Cette méthode, que l'on a nommée *méthode indirecte*, est précieuse comme moyen de contrôler les faits obtenus à l'aide de la *méthode directe* inaugurée par Lavoisier; elle l'est aussi par les résultats exacts qu'elle-

(1) *Ann. de chim. et de phys.*, 2^{e} série, t. LXXI, p. 113. — *Même recueil*, 3^{e} série, t. XI, p. 433. — Voir aussi *Mém. de chimie agricole et de physiol.*, par BOUSSINGAULT.

même peut fournir sur des animaux d'une grande stature. Aussi aurons-nous lieu de prendre en grande considération les observations faites par la méthode de Boussingault.

Sachant dès lors le degré de confiance qu'on doit accorder aux méthodes générales appliquées, depuis Lavoisier, à l'étude des phénomènes chimiques de la respiration, nous sommes en mesure d'examiner la valeur des faits annoncés par les principaux observateurs qu'il convient de citer dans la question qui nous occupe.

Signalons tout d'abord les principales conclusions concernant la consommation de l'oxygène *chez l'homme*, conclusions que Lavoisier et Séguin publiaient dès 1789; pour plus de clarté dans leur énoncé, nous substituerons, avec Gavarret (1), les nouvelles unités de capacité et de poids aux anciennes :

« 1° Un homme *au repos* et *à jeun*, par une température extérieure de 32°,5, consomme par heure 24lit.,002 d'oxygène, dont le poids = 34gr,490.

» 2° Un homme *au repos* et *à jeun*, par une température extérieure de 15 degrés, consomme par heure 26lit.,660 d'oxygène (38gr,310).

» 3° Un homme, *pendant la digestion*, consomme par heure 37lit,689 d'oxygène (54gr,159).

» 4° Un homme *à jeun*, pendant qu'il accomplit le travail nécessaire pour élever, en quinze minutes, un poids de 7kil,343 à une hauteur de 199m,776, consomme par heure 63lit.,477 d'oxygène (91gr,216).

» 5° Un homme, *pendant la digestion*, accomplissant le travail nécessaire pour élever, en quinze minutes, un poids de 7kil,343 à une hauteur de 211m,146, consomme par heure 91lit.,248 d'oxygène (131gr,123). »

Au moment où les beaux travaux de Lavoisier préoccupaient tous les savants de l'Europe et suscitaient de leur part d'incessantes recherches, Spallanzani (2) entreprit, en 1794, une série d'expériences concernant la respiration dans les diverses classes du règne animal. Restées inachevées par suite de la mort de cet infatigable expérimentateur, elles ont été résumées par lui dans une lettre adressée à Senebier; leurs résultats, tout incomplets qu'ils sont, offrent néanmoins un grand intérêt. La méthode suivie par Spallanzani fut à peu près celle de Lavoisier : les animaux soumis à l'observation étaient renfermés dans un volume connu d'air atmosphérique ; les variations de volume de ce milieu, le temps de séjour, la température, étaient soigneusement notés, et l'analyse du gaz altéré par la respiration était faite par un procédé eudiométrique. — Trois mémoires, que Spallanzani avait eu le temps de rédiger, ont été traduits et publiés par Senebier. Le premier concerne la respiration de l'*Helix nemoralis* et d'autres espèces de Limaçons et de Limaces : il y est dit, entre autres conclusions, que, placés dans un volume déterminé d'air, ces Mollusques « détruisent le gaz oxygène de l'air commun; qu'ils ne peuvent vivre sans lui, mais qu'*ils ne le détruisent pas entièrement* avant de mourir; que plus la température est douce, plus la destruction du gaz oxygène par ces animaux est accélérée, de même que leur mort. Lorsque la température descend à — 1° (Réaumur), la destruction du gaz oxygène est finie ; mais alors la pulsation

(1) *De la chaleur produite par les êtres vivants*, p. 330. Paris, 1855.
(2) *Mémoires sur la respiration*, traduits par Senebier. Genève, 1803, p. 59.

du cœur et la circulation des humeurs sont suspendues (1). » — Le second mémoire de Spallanzani porte sur des mollusques aquatiques (*Helix vivipara*, *Mytilus anatinus*, *Mytilus cygneus*, *Sepia officinalis*, *Ostrea edulis*, *Ostrea jacobæa*, *Mytilus edulis* de Linné) ; sa conclusion est encore que l'absorption de l'oxygène est *indispensable* à la conservation de la vie. — Enfin le troisième mémoire, qui se rapporte à des Crustacés et à diverses espèces appartenant à d'autres groupes, renferme des observations qui s'accordent avec celles des deux premiers.

Spallanzani a donc d'abord mis en lumière ce fait général et important d'ailleurs à constater de son temps, c'est que « *tous les animaux absorbent de l'oxygène pour leur respiration.* » On trouve, en outre, dans sa lettre à Senebier (2) et aussi dans le résumé de ses observations publié par ce dernier (3), quelques conclusions générales telles que celles-ci : « L'absorption du gaz oxygène par les divers animaux n'est pas proportionnelle à leur volume, mais elle dépend du mode d'organisation et des fonctions de chaque espèce, et semble croître, en général, avec la quantité de mouvement que l'animal peut fournir. » — « Chez les Amphibies (Grenouilles, Salamandres), l'absorption de l'oxygène a lieu en grande partie par la peau, et, pour une part moins importante, par les poumons. »

Tout ce travail offre néanmoins une certaine indécision qu'il faut attribuer à ce que son auteur n'est pas parvenu à se faire une idée nette des phénomènes respiratoires, et s'est beaucoup préoccupé de comparer l'absorption de l'oxygène, chez les animaux vivants, avec celle qui, après leur mort, signale les diverses phases de la fermentation putride.

Allen et Pepys (4) mirent au jour, en 1808, d'intéressantes recherches sur la respiration des animaux et même de l'homme, recherches dans lesquelles ils surent se soumettre aux exigences de la *méthode directe*. Les animaux étant placés sous des cloches renversées sur la cuve pneumatique, un gazomètre leur fournissait l'air respirable et un autre recevait les produits de l'expiration. En ce qui concerne l'homme, ces expérimentateurs se contentèrent de faire communiquer la bouche avec les deux gazomètres à l'aide de tubes munis de soupapes convenablement disposées : ils évaluèrent ainsi l'absorption de l'oxygène à 21$^{\text{lit.}}$,642 *par heure*, chez un homme de taille moyenne, âgé de trente-huit ans et maintenu dans l'état de repos. — Nous aurons occasion de signaler, plus tard, quelques erreurs graves échappées à Allen et Pepys.

Les travaux de Dulong et ceux de Despretz conduisirent à des résultats plus précis. Ces deux habiles observateurs, se proposant d'étudier les sources de la chaleur animale, prirent pour point de départ les doctrines de Lavoisier sur la respiration. L'un et l'autre s'arrêtèrent à l'idée de faire vivre un animal dans un espace clos : leurs appareils sont presque identiques et permettent une détermination exacte de la quantité absolue d'oxygène absorbé en un temps donné. Le travail de Dulong (5), lu à l'Académie des sciences en 1822, ne fut imprimé

(1) *Ouvr. cit.*, p. 184.
(2) *Ouvr. cit.*, p. 59.
(3) *Rapports de l'air avec les êtres organisés*. Genève, 1807, t. II, p. 257.
(4) *Philos. Transact.*, 1808, p. 250, planche 7 ; et 1809, page 412, planche 18. — *Biblioth. Britann.*, 1809, t. XLII.
(5) *Ann. de chim. et de phys.*, 3^{e} série, t. I, p. 440.

qu'en 1843; celui de Despretz (1), couronné par cette compagnie savante, en 1823, fut publié dès 1824. Préoccupés de saisir les rapports entre la quantité d'oxygène consommé par l'animal et les quantités de chaleur produite, ces expérimentateurs ont cru devoir donner, en ce qui touche la respiration elle-même, les résultats qu'ils avaient observés, sans en déduire aucune vue générale. Ainsi Despretz a constaté que des Chiens de cinq ans absorbaient chacun 6$^{lit.}$,53 d'oxygène par heure, tandis que, chez des animaux de la même espèce, âgés de sept à huit mois, cette absorption était seulement de 4$^{lit.}$,98 par heure; pour des Chats, il a trouvé le nombre de 3$^{lit.}$,76; pour des Lapins, 5$^{lit.}$,27; pour des Chouettes, 3$^{lit.}$,76; pour des Pigeons, 1$^{lit.}$,409. — Ces nombres, pour entrer utilement dans l'étude générale de la respiration, demanderaient à être placés en regard des poids respectifs de chacun des animaux observés.

L'application la plus complète qui ait été faite de la méthode directe, conçue par Lavoisier, se trouve dans le travail de Regnault et Reiset (2) sur les produits gazeux de la respiration. L'appareil que ces savants ont imaginé et mis en usage sera décrit plus loin, lorsque nous traiterons des rapports entre la quantité d'oxygène absorbé et la quantité d'acide carbonique exhalé; mais quelques-unes de leurs conclusions doivent être énoncées dès maintenant.

Regnault et Reiset ont confirmé ces faits, déjà observés par Spallanzani, que tous les animaux absorbent de l'oxygène qui se combine avec les matériaux du sang; que la quantité absorbée varie avec la classe et avec l'espèce zoologique, et, pour le même animal, avec les conditions physiologiques dans lesquelles il se trouve. Ces observateurs ont constaté, en outre, que les animaux maigres absorbent, en général, plus d'oxygène que les animaux très gras de la même espèce; que, dans des temps égaux, la consommation d'oxygène, faite par des poids égaux d'animaux appartenant à la même classe, varie beaucoup avec leur grosseur absolue, qu'ainsi elle est dix fois plus grande chez les petits oiseaux, tels que les moineaux et les verdiers, que chez les poules. « Comme ces diverses espèces possèdent la même température, disent Regnault et Reiset, et que les plus petits, présentant une surface beaucoup plus grande à l'air ambiant, éprouvent un refroidissement plus considérable, il faut que les sources de chaleur agissent plus énergiquement, et que la respiration soit plus abondante... » — « La respiration des reptiles consomme, *à poids égal*, beaucoup moins d'oxygène que celle des animaux à sang chaud. Les grenouilles auxquelles on a enlevé les poumons continuent à respirer à peu près avec la même activité que lorsqu'elles étaient intactes; elles vivent souvent pendant plusieurs jours, et les proportions des gaz absorbés et dégagés diffèrent peu de celles que l'on remarque sur les grenouilles intactes. Ce fait semble démontrer que la respiration des grenouilles a lieu principalement par la peau. » — « La respiration des vers de terre est à peu près semblable à celle des grenouilles, pour la quantité d'oxygène consommé à poids égal. » — « La respiration des insectes, tels que les hannetons et les vers à soie, est beaucoup plus active que celle des reptiles; elle consomme, à poids égal, à peu près autant d'oxygène que chez les mammifères sur lesquels nous avons expérimenté. » — « Cette grande consommation d'oxygène est en rapport avec la grande quantité de nourriture que prennent ces animaux. »

(1) *Ann. de chimie et de physique*, 2e série, t. XXVI, p. 337.
(2) *Même recueil*, 3e série, t. XXVI, p. 299.

Appuyées sur des expériences nombreuses et dignes de toute confiance, ces conclusions introduisent définitivement dans le domaine de la science des faits entrevus par Spallanzani et les complètent en beaucoup de points.

Dans le précédent exposé relatif aux travaux qui, à l'aide de la *méthode directe*, ont donné aux physiologistes une évaluation de la quantité absolue d'oxygène absorbé dans la respiration, on a pu remarquer que les observations concernant l'espèce humaine sont relativement bien peu nombreuses. C'est qu'en effet, l'idée fondamentale de cette méthode étant de faire vivre le sujet dans un espace d'une capacité donnée, de recueillir ce qu'il expire et de lui fournir de nouveau gaz respirable, cette idée est assez difficile à mettre en œuvre, lorsqu'il s'agit de l'homme, et l'on peut dire que, depuis Lavoisier, aucun expérimentateur ne l'a *entièrement* réalisée (*). La difficulté consiste ici surtout à maintenir le sujet dans les conditions les plus voisines de l'état normal, sous peine autrement d'arriver à des résultats dépourvus de toute valeur.

Si la méthode directe est difficilement applicable à l'espèce humaine, la *méthode des analyses par proportions centésimales* n'offre, au contraire, aucune difficulté sérieuse d'application ; aussi a-t-elle été fréquemment mise en usage.

Dès 1789, un physiologiste anglais, Goodwyn (1), publia, à ce sujet, un travail dans lequel il établit : 1° que, dans chaque inspiration, un homme adulte introduit dans son poumon de $0^{lit},196$ à $0^{lit.},230$ d'air atmosphérique ; 2° que, dans chaque inspiration aussi, la proportion d'oxygène absorbé équivaut aux 13 centièmes du volume de l'air inspiré, deux de ces centièmes étant fixés par le sang et ne se retrouvant pas dans l'acide carbonique exhalé ; 3° que, si l'on inspire plusieurs fois de suite une même masse d'air, il y a, chaque fois une nouvelle absorption d'oxygène et une nouvelle exhalation d'acide carbonique. Pour Goodwyn, la quantité d'oxygène absorbé par l'homme, en une heure, serait de 28 litres. — H. Davy (2), estimait, d'après des recherches faites sur lui-même en 1800, que, dans les conditions normales, l'homme absorbe par heure $30^{lit.},654$ d'oxygène. — En 1820, Dumas, se livra à de semblables expériences et opéra aussi sur lui-même d'après la méthode des analyses par proportions centésimales; ces expériences sont consignées dans la *Chimie physiologique* (3) du même auteur avec les résultats auxquels il fut conduit par le calcul des données expérimentales : ce savant estime qu'un homme absorbe au maximum, en vingt quatre heures, 800 grammes d'oxygène (4), ou 33 grammes par heure, c'est-à-dire à peu près 23 litres. Si l'on prend la moyenne de ses nombres, cette consommation se réduirait à $27^{gr},775$ par heure ou environ 19 litres.

Nous croyons devoir nous arrêter dans cette courte revue des travaux effectués suivant la méthode des analyses par proportions centésimales. Ceux que nous pourrions encore citer mais qui ne seront mentionnés que plus tard à propos

(*) ANDRAL et GAVARRET, SHARLING, ont appliqué les principes de la méthode directe seulement à l'observation des quantités d'acide carbonique exhalé par les poumons dans l'espèce humaine.

(1) *The Connexion of the Life vith the Respiration.* London, 1789. Trad. en franç. par HALLÉ, dans *Mag. encycl.*, t. IV, p. 355.

(2) *Researches Chimical and Philos. on Nitrous Oxyde*, etc. London, 1800. — Voir aussi *Biblioth. Britann.*, 1802, t. XXI, p. 241.

(3) Page 456. Cet ouvrage n'a été publié qu'en 1846.

(4) *Ouvr. cit.*, p. 458.

d'autres questions, et qui sont dus à Murray, Nysten, Prout, Thomson, Mac-Grégor, Coathupe, Vierordt, Valentin et Brunner, Doyère, etc., offrent tous le même inconvénient en ce qui concerne l'évaluation de la quantité d'oxygène emprunté à l'air : ils fournissent des nombres calculés d'après les données de la méthode adoptée, mais ils ne sauraient, pour les raisons développées précédemment, conduire à une détermination exacte de la *quantité absolue* d'oxygène absorbé en un temps donné. Les résultats dus à cette méthode concordent d'ailleurs si peu, qu'il n'est guère permis de songer à en déduire une *moyenne* légitime et digne de confiance.

Il nous reste à faire connaître quelques-uns des résultats obtenus à l'aide de la *méthode indirecte* imaginée par Boussingault. Ce savant expérimentateur (1), nous l'avons dit plus haut, a fait l'application de sa méthode à une vache laitière, à un cheval et à une tourterelle. Son but était surtout de vérifier si, dans la respiration, il y avait exhalation d'azote ; mais, pour y parvenir, il était obligé d'évaluer la quantité d'oxygène consommé. Boussingault a trouvé qu'en vingt-quatre heures le cheval avait perdu, par la respiration, 2465 grammes de carbone et 23 ou 24 grammes d'hydrogène, qui ont dû se combiner avec l'oxygène de l'air ; et que la vache, dans le même temps, avait perdu par la même voie 2211 grammes de carbone et 20 grammes d'hydrogène : ces données font supposer, pour le cheval, une consommation de 193 *litres* d'oxygène par heure, et, pour la vache laitière, de 171 litres seulement. Dans ses expériences sur une tourterelle, Boussingault évalue à 0^lit.,423, par heure, la quantité d'oxygène que cet oiseau a dû emprunter à l'air.

Barral (2) s'est servi de la méthode de Boussingault, dans des recherches analogues sur le mouton, et, plus tard, sur l'homme lui-même; Liebig (3) a tenté aussi de soumettre à une étude du même genre plusieurs individus de l'espèce humaine. Nous nous bornerons ici à rappeler les principaux résultats que Barral a fait connaître touchant la respiration de l'homme : un individu de vingt-neuf ans, pesant 47^kil.,5, empruntait à l'air une quantité moyenne de 26^lit.,58 (38 grammes environ) d'oxygène par heure ; un autre, âgé de cinquante-deux ans et pesant 58^kil.,7, en absorbait 25^lit.,90 (37^gr,046) dans le même temps.

Ces citations suffisent pour montrer que les résultats obtenus par la *méthode indirecte* peuvent servir à contrôler ceux que la *méthode directe* a fournis à d'autres observateurs.

Après cette revue sommaire des principaux chiffres posés par les expérimentateurs les plus accrédités, comment doit-on répondre à la question ci-dessus énoncée : Quelle est la quantité absolue d'oxygène qu'un homme ou un animal donné absorbe par la respiration dans un temps fixe ? Voici, selon nous, les déductions à tirer des travaux qui précèdent :

1° En ce qui concerne l'*espèce humaine*, il est impossible, avec les résultats actuels, de déterminer un nombre qui représente, d'une manière suffisamment

(1) *Ann. de chim. et de phys.*, 2e série, t. LXXI, p. 113.

(2) *Même recueil*, 3e série, t. XXV, p. 129. *Statique chimique des animaux*. Paris, 1850.

(3) *Chimie organique appliquée à la physiologie animale*, p. 39 et 294, trad. franç. par Ch. Gerhardt. Paris, 1842.

exacte, la quantité d'oxygène absorbé, en une heure, par un homme adulte et placé dans des conditions normales.

2° Semblable à un foyer qui s'alimente dans l'air et y brûle plus ou moins activement, selon les circonstances diverses, l'appareil respiratoire de l'homme consomme des quantités d'oxygène que les plus légères influences font varier d'une manière sensible ; de telle sorte qu'il faut se contenter de poser les limites entre lesquelles se maintiennent d'habitude les variations du phénomène. Ces variations dans l'absorption de l'oxygène sont comprises entre 20 et 25 litres par heure (de 29 à 36 grammes environ), chez un homme adulte, durant le repos et dans les conditions normales de santé et de température. (Plus tard nous étudierons les causes nombreuses qui peuvent augmenter ou diminuer cette absorption dans une proportion souvent considérable.)

3° Quant aux *animaux*, on ne saurait s'arrêter, comme pour l'homme, aux résultats obtenus pour telle ou telle espèce en particulier, et l'on ne peut convertir en énoncés généraux que quelques rapports entre la respiration et certaines conditions de l'organisation des diverses espèces. D'abord, il résulte évidemment des précédents travaux que, d'une espèce à une autre, il n'y a aucun lien nécessaire entre la taille ou le poids de l'animal et la quantité d'oxygène que celui-ci absorbe en respirant : cette proposition est rendue plus évidente encore, si, à l'exemple de Treviranus (1), J. Müller (2), Regnault et Reiset (3), on ramène les observations à la quantité d'oxygène absorbée par un même poids de chaque espèce animale D'après les expériences de Regnault et Reiset, on trouve que, *par kilogramme* et *par heure*, il faut ainsi évaluer l'absorption d'oxygène chez les animaux suivants :

	gr		gr
Lapin	0,914	Lézard	0,192
Poule	1,186	Hanneton	1,019
Moineau et verdier	11,860	Ver à soie	0,899
Grenouille	0,085	Chrysalide du ver à soie	0,242
Salamandre	0,085	Vers de terre	0,1013

4° Si l'on cherche une relation entre l'absorption de l'oxygène et les autres phénomènes de la vie, on est contraint de s'en tenir à cette conclusion générale, que la quantité d'oxygène absorbé est proportionnelle à l'activité physiologique de l'animal, c'est-à-dire au degré d'énergie avec lequel s'exécutent ses fonctions.

Nous terminerons ce qui se rapporte à l'*absorption d'oxygène*, dans la respiration, en rappelant plusieurs faits encore intéressants pour le physiologiste.

Les animaux aquatiques se présentent dans des conditions fort curieuses qui ont été analysées par quelques observateurs, mais qui mériteraient encore d'être éclairées par de nouvelles recherches. Alex. de Humboldt et Provençal (4) ont publié les meilleures observations que la science possède sur ce sujet. Ils concluent de leurs expériences que, eu égard à la quantité d'oxygène contenue dans l'eau, les poissons de rivière sont dans la situation d'un animal aérien qui respirerait un mélange gazeux contenant un centième de son volume d'oxygène. Aussi l'absorption d'oxygène est-elle, chez eux, bien moins active que chez les animaux aériens

(1) *Zeitschrift für Physiologie*, t. IV, p. 23,
(2) *Manuel de physiologie*, trad. de Jourdan, 2ᵉ édit. Paris, 1851, t. I, p. 236.
(3) *Ann. de chim. et de phys.*, 3ᵉ série, t. XXVI, p. 299 et suiv.
(4) *Mém. de la Société d'Arcueil*, t. II, p. 389 et suiv.

à sang chaud ; on constate d'ailleurs que les poissons, comme les grenouilles, ont une respiration cutanée d'une importance presque égale à celle de leur respiration branchiale. Nous avons vu précédemment que, d'après Spallanzani, Regnault et Reiset, etc., les grenouilles auxquelles on a enlevé les poumons continuent à respirer à peu près avec la même activité que lorsqu'elles étaient intactes; elles vivent souvent pendant plusieurs jours, et les proportions des gaz absorbés et dégagés diffèrent peu de celles que l'on remarque sur des grenouilles intactes. Or, une curieuse expérience d'Alex. de Humboldt, que nous avons citée, démontre assez nettement aussi la respiration cutanée chez les poissons: cet expérimentateur passa la tête d'une tanche dans un collier de liége couvert de taffetas gommé, puis plaça cet animal dans un vase cylindrique, de sorte que sa tête en fermait l'orifice et que le corps plongeait dans l'eau de Seine que renfermait le vase, sans que cette eau pût entrer en contact avec la bouche ou avec les branchies. Ainsi disposé, ce poisson vécut cinq heures, et, après l'expérience, l'eau se trouva altérée à peu près comme elle l'eût été par la respiration normale et libre de l'animal. La peau seule avait donc pu servir d'appareil respiratoire et emprunter l'oxygène à l'eau ambiante. Une tanche absorbe, dans l'eau aérée, environ 402 millimètres cubes d'oxygène par heure ; ce chiffre est la moyenne de dix-sept heures d'expérience (1).

Un autre fait, aujourd'hui bien démontré, c'est que l'*absorption de l'oxygène* reste la même dans une atmosphère qui contient deux et trois fois plus d'oxygène que l'air commun. — Lavoisier a, le premier, énoncé, comme résultat de ses expériences, que, dans l'oxygène pur, la respiration s'effectue en donnant naissance aux mêmes produits que dans l'air ordinaire (2). Il avait aussi trouvé que la proportion d'azote peut être sensiblement augmentée sans que les phénomènes de la respiration soient altérés ; la proportion d'oxygène absorbé reste, à quelques légères différences près, la même que dans l'air atmosphérique. Enfin Lavoisier constata que si, dans une atmosphère artificielle, on remplace l'azote de l'air par de l'*hydrogène*, on a encore un milieu respirable dans lequel les animaux n'éprouvent quelque malaise qu'au bout de huit à dix heures de séjour. Regnault et Reiset (3) ont confirmé les faits qu'avait observés Lavoisier, et que, depuis lors, on avait contestés; mais, en les mettant hors de doute, ils ont de plus reconnu que, si l'on se sert d'une atmosphère composée de 21 parties d'oxygène et de 79 parties d'hydrogène, on obtient une consommation d'oxygène plus grande que dans les conditions normales. Ces expérimentateurs expliquent cette différence par le *pouvoir refroidissant* de l'hydrogène, qui, plus fort que celui de l'azote, oblige l'animal à une respiration plus active.

C. — Déterminer la *quantité absolue d'acide carbonique* exhalé, dans un temps donné, par un homme ou un animal vivant dans des conditions normales, tel est le second problème dont l'étude des phénomènes respiratoires réclame la solution.

Entre ce problème et le premier qui vient d'être passé en revue, c'est-à-dire l'absorption de l'oxygène, existent d'intéressants rapports que nous aurons à faire

(1) HUMBOLDT et PROVENÇAL, *loc. cit.*
(2) *Mém. de l'Acad. des sciences*, 1789, p. 573.
(3) *Loc. cit.*

connaître ultérieurement dans un chapitre spécial. Il ne s'agit, pour le moment, que du fait de l'*exhalation d'acide carbonique* considéré isolément, et de sa constatation par les différents moyens de recherches dont dispose la science.

On se rappelle qu'en étudiant l'absorption de l'oxygène, nous avons commencé par discuter la valeur de diverses *méthodes de détermination*, dites : 1° méthode directe ; 2° méthode des analyses par proportions centésimales; 3° méthode indirecte (voir plus haut, p. 522 et suiv.). S'il fallait reprendre cette discussion au point de vue du nouveau problème qui va nous occuper, nous arriverions à des conclusions critiques entièrement analogues à celles qui ont été formulées précédemment.

La *méthode directe*, qu'on doit à Lavoisier et à laquelle on ne peut reprocher que les difficultés de sa mise en pratique quand il s'agit de l'homme et des animaux à grande stature, la méthode directe fournit des moyens exacts de connaître la quantité absolue d'acide carbonique exhalé. — Déjà nous avons vu que, dans l'espace clos où se trouvait le sujet mis en expérience, Lavoisier (1) avait le soin d'introduire une dissolution alcaline pour absorber l'acide carbonique provenant de la respiration. La mort violente et prématurée de ce grand homme ne lui a pas laissé le temps d'écrire le mémoire qu'il promettait en 1789, et dans lequel il devait faire connaître en détail ses procédés pour mesurer la quantité d'acide carbonique exhalé dans la respiration humaine, et aussi les résultats qu'il en avait obtenus. Le mémoire lu à l'Académie en 1790, et imprimé seulement en 1797, par les soins de Séguin, environ quatre ans après la mort de Lavoisier (2), donne une évaluation qui sera mentionnée tout à l'heure, mais n'indique pas les moyens mis en usage pour l'obtenir. On ne peut donc que pressentir ces moyens qui doivent dériver du procédé de fixation de l'acide carbonique employé dans les expériences sur l'absorption de l'oxygène. Lavoisier et Séguin agirent probablement comme la plupart des expérimentateurs qui, après eux, ont suivi la méthode directe; c'est-à-dire qu'ils durent faire passer d'abord l'air expiré sur une substance desséchante, puis absorber l'acide carbonique à l'aide d'une substance alcaline d'un poids connu, poids dont l'augmentation ne pouvait provenir que de la fixation de l'acide carbonique, et, par conséquent, servait à doser ce produit de la respiration. Il est manifeste que, dans ces conditions, l'expérience détermine *directement* la quantité absolue d'acide carbonique exhalé dans un temps donné.

Mais si, procédant par détermination de la *composition centésimale* de l'air expiré, les expérimentateurs calculent l'exhalation d'acide carbonique d'après le nombre des expirations et la capacité de chacune d'elles, nous nous rangeons sans hésiter à l'opinion qui ne reconnaît point une certitude suffisante à un pareil procédé d'évaluation. Quoi de plus difficile en effet à déterminer exactement que le volume réel d'une expiration normale, si l'on en juge par les évaluations si différentes des divers expérimentateurs ? Ce n'est pas seulement d'un individu à un autre que le volume des expirations présente des variations sensibles ; ces variations s'observent aussi chez le même sujet selon les circonstances et le moment de l'observation. Puis, ne sait-on pas encore que la proportion de l'acide carbonique contenu dans le gaz expiré est profondément influencée, chez un même sujet, aussi bien par la fréquence plus ou moins grande que par l'ampleur des mouve-

(1) *Loc. cit.*
(2) *Mém. de l'Acad. des sciences*, 1790, p. 609.

ments respiratoires, etc. ? Aussi nul doute que des diverses méthodes employées pour mesurer la production de l'acide carbonique dans la respiration, la méthode des analyses par proportions centésimales ne soit celle qui offre les moindres garanties d'exactitude dans les résultats.

La *méthode indirecte* de Boussingault, employée isolément ou concurremment avec la méthode directe, conduit au contraire à des résultats précis, pourvu que les expérimentateurs maintiennent avec soin les principes posés par Boussingault lui-même (1), et surtout celui de l'invariabilité de poids du sujet pendant la durée de l'expérience. Dans l'examen des travaux qui tendent à mesurer la quantité d'acide carbonique exhalé, c'est donc aux recherches faites d'après la méthode directe, et aussi à celles qui ont été entreprises suivant la méthode de Boussingault, qu'on doit constamment donner la préférence.

Nous avons déjà dit que l'*exhalation de l'acide carbonique* fut découverte en 1757 par Black (2), qui d'ailleurs n'alla pas plus loin et ne chercha ni à déterminer la nature intime de ce fluide aériforme, ni à démêler les rapports qui pouvaient exister entre le précédent phénomène et le rôle de l'air dans la respiration. Le même observateur, Lavoisier (3), qui, par ses mémorables recherches publiées en 1777, eut la gloire de révéler la composition de l'air atmosphérique, découvrit également celle de l'acide carbonique (*acide crayeux*) et les causes de la production de ce dernier gaz durant le travail respiratoire. Dans son mémoire de 1789 (4), Lavoisier prend pour base de ses expériences avec Séguin la composition de l'acide carbonique qu'il fixe à 72 pour 100 d'oxygène et à 28 de carbone en poids : des analyses plus récentes ont fait adopter les nombres 72,73 pour l'oxygène et 27,27 pour le carbone, nombres qui diffèrent bien peu des précédents. Ce mémoire, dont les conclusions relatives à la consommation de l'oxygène ont été citées plus haut, ne donne pas encore le résultat définitif des expériences que ces deux observateurs poursuivaient concernant la *production de l'acide carbonique* dans la respiration : Lavoisier se borne à dire qu'on peut « *supposer* » qu'un homme, dans les conditions normales, expire par heure $24^{lit.},202$ ou $47^{gr},803$ d'acide carbonique, qui contiennent $34^{gr},765$ d'oxygène et $13^{gr},038$ de carbone.

Dans un travail subséquent, publié en 1797 par Séguin, après la mort de son illustre collaborateur, cette estimation se trouve réduite à $13^{lit.},277$, par heure, ou $26^{gr},155$ (5). Ce nouveau chiffre semblerait résulter de recherches plus précises sur le même sujet, annoncées par Lavoisier en 1789.

H. Davy fit, en 1800 (6), des expériences sur lui-même, et la moyenne de vingt observations donna, pour une heure, une exhalation de $28^{lit.},099$ d'acide carbonique (environ 55^{gr}, 388). — Allen et Pepys (7) formulent ainsi une des conclusions de leur mémoire : Un homme de taille moyenne, âgé de trente-huit ans, et dont le pouls battait environ soixante fois par minute, expirait en une heure $21^{lit.},642$ d'acide carbonique (environ 42^{gr}) ; il respirait dix-neuf fois par minute,

(1) *Économie rurale*, t. II, p. 379.
(2) *Lect. on the Elem. of Chemistry Delivered by J. Black*, publié en 1803 par J. Robison.
(3) *Mém. de l'Acad. des sciences*, 1777, p. 191.
(4) *Mém. de l'Acad. des sciences*, 1789, p. 567.
(5) Lavoisier et Séguin, *Premier Mémoire sur la transpiration* (*Mém. de l'Acad. des sc. de Paris*, 1790, p. 609).
(6) *Research. Chem. and Philos. on Nitrous Oxyde*, 1800, p. 434.
(7) *Philos. Trans.*, 1808, p. 280.

et le volume de chaque inspiration facile et naturelle mesurait 0^lit.,270. — Dalton (1) admet, d'après ses propres recherches, que, *par heure*, le travail respiratoire de l'homme produit à peu près 23 litres d'acide carbonique.

Quant à Dumas, dont les expériences sur le même sujet remontent à l'année 1820 (*), il assure qu'un homme adulte brûle, en vingt-quatre heures, 175 grammes de carbone, *en moyenne ;* ce qui représente une consommation seulement de 7^gr,291 par heure, et correspond à 26^gr,733 d'acide carbonique ou environ 13 litres de ce gaz. — Quelques auteurs ont donné, comme déduits de ces expériences, des chiffres tout différents. Cela provient sans doute de ce que Dumas énonce, dans le même passage, deux quantités de carbone : l'une, représentant le carbone réellement brûlé par un homme adulte, s'élève à 150 ou 200 grammes pour vingt-quatre heures ; l'autre, qui est de 250 à 300 grammes, contient une augmentation de 90 grammes de carbone destinée à remplacer, dans le calcul du combustible, les 20 à 30 grammes d'hydrogène brûlés par le même homme en un jour. Si l'on prend comme base la *moyenne* de cette quantité totale, c'est-à-dire 275 grammes de carbone brûlés en vingt-quatre heures, on arrive, pour l'acide carbonique qu'on supposerait avoir été exhalé en une heure, au chiffre de 42 grammes environ. Mais ce n'est pas là une évaluation exacte, puisque la quantité effective de carbone n'est, en moyenne, d'après Dumas, que de 175 grammes par jour. D'ailleurs, on trouve (*ouvr. cité*, p. 457 et suiv.) les données mêmes de ses observations à ce sujet : *en moyenne*, l'air expiré contient 4 pour 100 d'acide carbonique ; le nombre constaté des inspirations est de 16 par minute, chaque inspiration mesurant environ 0^lit.,334. De là on déduit sans peine que, *en une heure*, l'exhalation respiratoire fournit 13 litres d'acide carbonique pesant (à 0° et sous la pression 0^m,76) à peu près 26 grammes. — On voit, par conséquent, que les expériences de Dumas conduisent à des résultats très rapprochés de ceux du dernier travail de Lavoisier et Séguin, qui date de 1790 ; et, en relisant leur mémoire de 1789, il est permis de croire que l'évaluation qu'ils avaient « *supposée* », à cette époque, avait été exagérée, parce qu'elle provenait de recherches encore incomplètes.

Assurément aucun des précédents observateurs n'avait pu croire que la quantité d'acide carbonique exhalé par les poumons, dans l'espèce humaine, fût invariable et indépendante des conditions d'âge, de sexe, de température, de repos ou de mouvement, etc. Il était impossible qu'en effet chacun d'eux fît un certain nombre d'expériences sans être amené à constater des variations et sans soupçonner leurs causes. Lavoisier n'a pas manqué de connaître et d'apprécier ces influences ; Allen et Pepys les signalent également ; Prout, en 1813, s'attacha surtout à leur étude (2). Nous reviendrons ailleurs sur cette étude des causes qui font varier le phénomène dont il s'agit.

Maintenant, nous cherchons seulement à nous faire une idée de la *quantité moyenne* d'acide carbonique qu'un homme *adulte* exhale en un temps donné et dans les conditions les plus ordinaires.

(1) *On Respiration*, etc. (*Manchester Mem.*, 2e série, t. II, p. 15).

(*) Les résultats, que Dumas avait obtenus en analysant les produits de sa propre respiration n'ont été publiés par cet auteur qu'en 1846, dans son *Traité de chimie physiologique*, p. 456 et suiv.

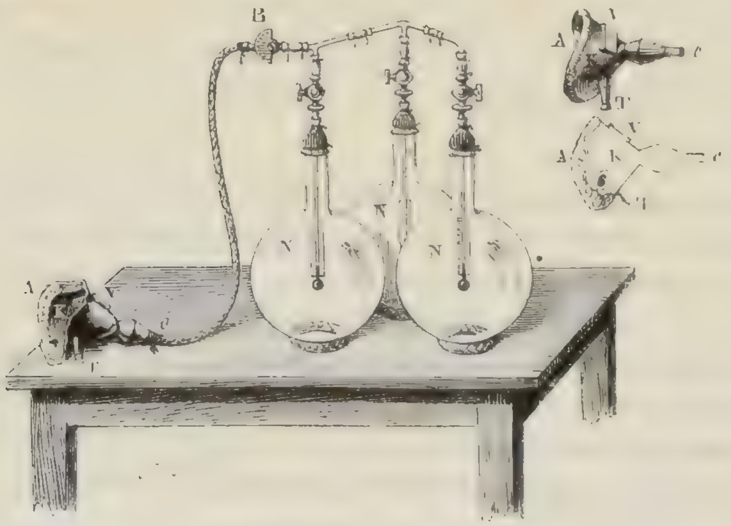
(2) *Observ. on the Quantity of Carbonic Acid Gas Emitted from the Lungs* (*Ann. of Philos.*, 1813, vol. II, p. 333).

C'est surtout depuis une vingtaine d'années que les travaux les plus considérables sont venus éclairer ce point intéressant de physiologie. Presque en même temps (1843), Andral et Gavarret (1), d'une part, Sharling (2), d'autre part, publièrent leurs travaux sur l'exhalation de l'acide carbonique dans la respiration, etc.

Peu d'années après, V. Regnault et Reiset (3) étudiaient aussi la respiration des animaux dans un mémoire aussi précieux par le nombre des observations que par la précision des procédés mis en usage, mémoire dont nous aurons bientôt à signaler les principaux résultats.

Dans les recherches d'Andral et Gavarret, instituées et conduites suivant la meilleure méthode, les sujets ont été placés dans des conditions aussi voisines que possible de l'état normal. Se proposant surtout de constater les lois qui règlent l'exhalation de l'acide carbonique selon l'*âge*, le *sexe* et les *constitutions*, ces deux savants ont tenu à écarter toute cause modificatrice et à observer des sujets différents dans des conditions normales et identiques. Leurs expériences ont été faites aux mêmes heures, à un même intervalle des repas, dans une même saison (en automne), et dans les mêmes conditions de dépense musculaire. Quant à l'appareil employé, il a été conçu avec la préoccupation de laisser à la respiration son rhythme naturel et ses allures habituelles. Après avoir éprouvé d'abord une assez grande difficulté à réaliser cette dernière condition qu'ils jugeaient indispensable, Andral et Gavarret parvinrent à construire un appareil facile à manœuvrer et répondant à toutes les exigences de la question (fig. 7).

FIG. 7. — APPAREIL DE MM. ANDRAL ET GAVARRET POUR RECUEILLIR LES PRODUITS DE LA RESPIRATION.



Le masque imperméable K est fait avec une feuille mince de cuivre; il est muni, à sa partie antérieure et supérieure, d'une fenêtre V fermée avec une plaque de verre qui laisse pénétrer la lumière dans sa cavité, assez grande, d'ailleurs, pour

(1) *Recherches sur la quantité d'acide carbonique exhalé par le poumon dans l'espèce humaine* (*Ann. de chim. et de phys.*, 3e série, t. VIII, p. 129).

(2) *Recherches sur la quantité d'acide carbonique expiré par l'homme dans les vingt-quatre heures* (*Ann. de chim. et de phys.*, 3e série, t. VIII, p. 492).

(3) *Ann. de chim. et de phys.*, 3e série, t. XXVI, p. 299 et suiv.

loger une expiration tout entière. Ce masque est appliqué sur la face de manière à l'encadrer dans son ensemble. Les bords du masque sont garnis d'un bourrelet de caoutchouc A, destiné à exercer une douce pression sur les parties vivantes et à s'opposer à toute perte du gaz expiré. De chaque côté du masque, à la hauteur des commissures des lèvres, existe un tube T, qui laisse pénétrer librement l'air extérieur ; de petites sphères de moelle de sureau font l'office de soupapes, et s'opposent à ce que le gaz expiré puisse s'échapper par cette voie. Enfin, en face de la bouche se trouve une large ouverture O, à travers laquelle les produits de l'expiration peuvent être chassés au dehors. L'ouverture O étant en communication, au moyen d'un tube de caoutchouc, avec un système de ballons collecteurs N, N, N, de 140 litres de capacité, *dans lesquels le vide a été préalablement pratiqué*, le masque est solidement fixé sur la face du sujet en observation. On ouvre alors le robinet B, et immédiatement le tirage des ballons détermine, par les tubes latéraux T, T, un courant d'air extérieur à travers le masque.

Pendant toute la durée de l'observation, le sujet respirait au milieu de ce courant d'air continu. Des tentatives nombreuses avaient appris à Andral et Gavarret (et c'est là la partie délicate de l'opération) à régler la vitesse du courant, au moyen du robinet gradué B, de telle façon que la respiration s'exécutât librement, sans gène aucune, sans effort ni pour aspirer, ni pour expulser le gaz incessamment appelé et emporté par le tirage des ballons. Le courant est assez fort du moment que la vapeur d'eau de l'expiration ne se précipite pas sur la face interne de la plaque de verre qui ferme la fenêtre V. Le calme et la régularité des mouvements respiratoires, les sensations éprouvées pendant les expériences auxquelles ces deux observateurs se sont soumis eux-mêmes les premiers, tout démontre que cet appareil très simple réunit les conditions nécessaires pour recueillir les gaz de la respiration tels qu'ils sont exhalés à l'état normal. Toute fuite d'ailleurs était impossible ; et l'absence de rosée sur la plaque de verre prouvait que le tirage était conduit de telle manière que le même gaz n'était soumis qu'une seule fois à l'action de l'organe pulmonaire.

Andral et Gavarret, en procédant ainsi, ont recueilli, dans chaque expérience, à peu près constamment 130 litres de gaz sec, à zéro et sous la pression de 76 centimètres de mercure ; le temps pendant lequel les sujets ont respiré a varié de 8 à 13 minutes. D'une part, les produits recueillis étaient en quantité assez considérable pour permettre d'apprécier des différences très minimes ; d'autre part, l'observation était assez prolongée pour qu'on pût conclure du fait observé à ce qui se passe réellement en une heure. L'activité de la fonction pulmonaire variant avec les diverses heures de la journée, et suivant l'état de veille ou de sommeil, Andral et Gavarret n'ont pas voulu se servir de ces résultats pour calculer ce qu'un homme exhale d'acide carbonique dans l'espace de vingt-quatre heures.

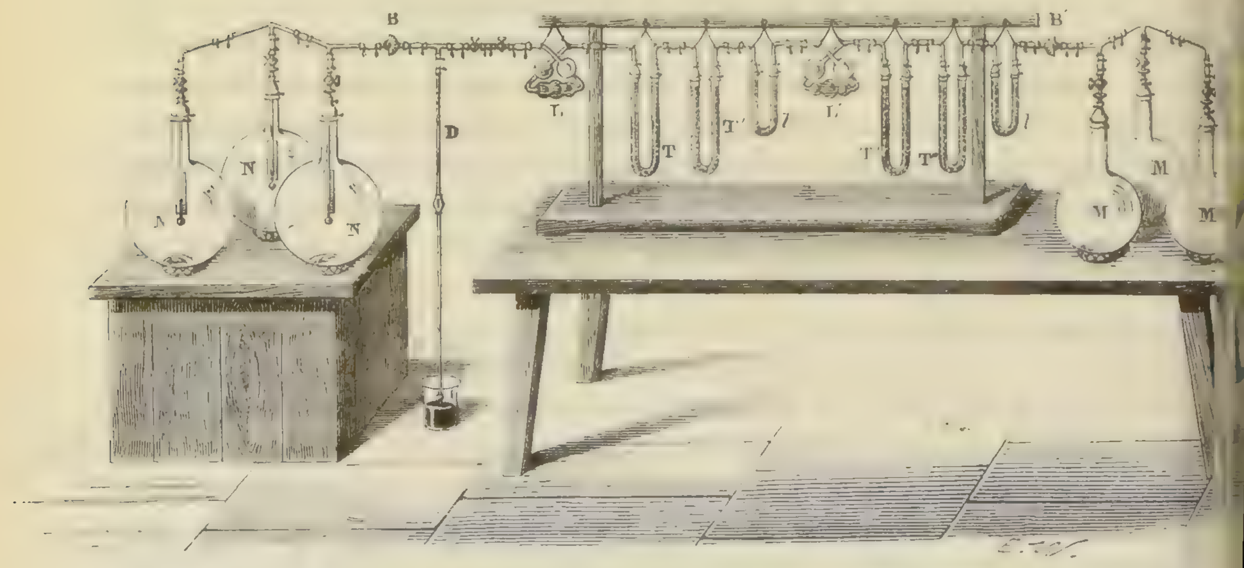
Les gaz étant recueillis, le robinet B est fermé, le masque et son tube de caoutchouc sont détachés, et le système des ballons collecteurs N, N, N est mis en communication (voy. fig. 8) avec un tube barométrique D. On attend que les thermomètres, placés dans l'intérieur des ballons collecteurs, se mettent en équilibre. Les parois des ballons se recouvrent d'une légère rosée ; ce qui indique que l'air qu'ils renferment est complétement saturé de vapeur d'eau. La température des ballons et la hauteur du mercure dans le tube barométrique D étant connues, on mesure la pression atmosphérique à l'aide d'un baromètre extérieur, et l'on pos-

sède ainsi tous les éléments pour calculer le volume du gaz contenu dans ces ballons dont, d'ailleurs, la capacité a été préalablement déterminée.

Pour mesurer la *quantité absolue* d'acide carbonique recueilli, on met les ballons N, N, N, en communication avec un système de ballons aspirateurs M, M, M dans lequel le vide a été fait. Le courant d'air est convenablement réglé à l'aide des robinets gradués BB'; et le gaz, pour passer des collecteurs N, N, N, aux ballons aspirateurs M, M, M, traverse une série d'appareils de Liebig et de tubes en U.

L'appareil de Liebig L et les tubes T, T'', *t*, sont remplis d'acide sulfurique bouilli et de ponce calcinée imbibée du même acide. Le gaz qui les traverse s

Fig. 8. — Appareil de MM. Andral et Gavarret pour analyser les produits de la respiration.



dessèche complétement. — L'appareil Liebig L', et le tube T'', sont remplis d'une dissolution concentrée de potasse et de ponce alcaline. Le gaz, en les traversant s'y dépouille complétement de son acide carbonique, ; mais il emporte avec lui de l'humidité qui lui est enlevée par les tubes T''' et *t'*, remplis de ponce calcinée imbibée d'acide sulfurique bouilli.

L'augmentation de poids de l'appareil Liebig L' et des trois tubes T'', T''', traduit exactement le poids de l'acide carbonique contenu dans le gaz qui, des ballons collecteurs N, N, N, est passé dans les ballons aspirateurs M, M, M.

Une nouvelle observation des thermomètres des ballons collecteurs, du tube barométrique D et du baromètre extérieur, à la fin de l'opération, indiquait la quantité de gaz expiré qui n'avait pas été soumise à l'action de l'appareil d'analyse. On avait ainsi tous les éléments nécessaires pour calculer la quantité totale d'acide carbonique fourni par chaque sujet, pendant la durée de l'opération.

Tel est l'appareil qui a fourni les données expérimentales du beau travail publié par Andral et Gavarret (*).

Trente-sept hommes compris entre l'âge de huit ans et celui de cent deux ans et vingt-six femmes de dix à quatre-vingt-deux ans, ont été mis en expérience,

(*) Ce travail fut communiqué à l'Académie des sciences de Paris, dans la séance du 13 janvier 1843.

chaque sujet a été observé plusieurs fois de suite et seulement à vingt-quatre heures d'intervalle. Ces patientes recherches ont révélé d'importants résultats concernant l'influence du *sexe*, de l'*âge*, de la *constitution* et de certaines circonstances physiologiques sur l'exhalation de l'acide carbonique dans la respiration.

Entre autres faits, Andral et Gavarret ont trouvé que la fonction pulmonaire atteint son maximum d'activité vers trente ans, et que cette activité diminue ensuite graduellement jusqu'à la mort : d'après ces observateurs, entre seize et trente ans, la consommation *moyenne* de carbone, par heure, est, chez l'homme, de 11gr,2, ce qui représente 41 grammes ou *vingt litres* environ d'acide carbonique exhalé. — Tel est l'unique résultat qu'il nous importe de noter pour le moment.

En étudiant, plus tard, les causes qui font varier la quantité de carbone brûlé, nous verrons qu'Andral et Gavarret ont encore établi que cette quantité ne varie pas seulement avec l'âge, mais que, dans les deux sexes, elle est d'autant plus considérable, que le système musculaire est plus développé ; — que la femme, avant la puberté, brûle moins de carbone que le jeune garçon ; — qu'après l'âge critique, la quantité de carbone brûlé augmente pendant quelques années, pour diminuer ensuite, comme chez l'homme, sous l'influence de la vieillesse ; — que cette quantité reste stationnaire pendant toute l'époque de la vie, qui correspond à la menstruation, tandis que, pendant toute la durée de la grossesse, elle augmente.

Plus loin seront donnés les chiffres en rapport avec ces diverses propositions.

Dans ses recherches sur la quantité d'acide carbonique que l'homme exhale par les poumons, Sharling (1) nous paraît avoir réalisé, moins heureusement qu'Andral et Gavarret, les conditions voisines de l'état normal. Son appareil, d'une capacité de 1 mètre cube, consiste en une sorte de guérite de bois dont les joints sont bouchés avec soin et dont l'intérieur est tapissé de papier collé. Dans cet espace était placé l'individu et il y séjournait de *une demi-heure à une heure*. Il fallait, pendant ce temps, assurer le renouvellement de l'air, et, à cet effet, l'expérimentateur avait établi un courant au moyen d'un appareil aspirateur à écoulement d'eau et d'un tube d'appel ajusté à la paroi inférieure de la guérite. Quant aux produits de la respiration, ils étaient recueillisde la manière suivante. A la partie supérieure de l'espace clos, se trouvaient deux trous munis de tubes de dégagement qui conduisaient ces produits à un appareil analyseur composé d'un flacon contenant de l'acide sulfurique pour dessécher l'air expiré, de deux flacons renfermant une solution concentrée de potasse, puis enfin d'un tube plein de potasse caustique solide et d'un petit flacon d'eau de chaux. Toute cette partie de l'appareil remplie de substances alcalines était destinée à absorber l'acide carbonique.

On peut faire plusieurs reproches au procédé mis en usage par Sharling. L'espace dans lequel le sujet est enfermé est loin de lui créer des conditions analogues aux conditions normales. D'abord cet espace est d'une capacité trop restreinte et l'air y est insuffisamment renouvelé ; aussi Sharling (2) a-t-il trouvé que l'air de la guérite, pendant l'expérience, contenait parfois de 2 à 6 pour 100 d'acide carbonique ! Cette condition exceptionnelle a dû évidemment exercer une influence fâcheuse sur la respiration. Ajoutons que cet air confiné, échauffé considérablement par la présence du sujet, était saturé de vapeur d'eau, et que

(1) *Loc. cit.*
(2) *Mém. et rec. cit.*, p. 485.

d'ailleurs son volume invariable n'était pas proportionné à la taille des individus soumis à l'expérience. Dans une judicieuse critique qu'il a faite de ce travail, Gavarret (1) commence par rappeler qu'une condition indispensable à remplir dans les recherches de ce genre, c'est de fournir, au sujet en expérience, assez d'air pour que le même gaz ne soit jamais introduit plus d'une fois dans les poumons; puis il prouve que les moyens employés ici dans le but d'opérer la dessiccation de l'air expiré, et surtout l'absorption de l'acide carbonique, étaient insuffisants pour dessécher complétement le premier et pour recueillir la totalité du second. — Avant d'énoncer les résultats obtenus par Sharling, on est donc obligé de reconnaître que ses observations n'ont pas été faites dans des conditions normales, et que ses procédés manquent de rigueur. C'est en opérant ainsi sur *trois hommes adultes* qu'il a trouvé, pour la consommation de carbone évaluée par heure, un poids moyen de 9gr,46, ce qui représente 34gr,686 ou environ *dix-sept litres* d'acide carbonique. Ce chiffre diffère un peu de celui qu'Andral et Gavarret ont fait connaître, et que nous adoptons de préférence comme dérivant d'expériences mieux instituées que celles de Sharling. Nous aurons occasion de revenir sur les conséquences que ce dernier observateur a tirées de ses recherches touchant l'influence exercée sur la respiration par l'âge, le sexe, la constitution, l'état de veille et de sommeil, de repos et de mouvement, et aussi par le travail de la digestion.

Il suffit d'avoir eu sous les yeux les résultats empruntés aux divers expérimentateurs pour reconnaître que l'*exhalation de l'acide carbonique* doit être un phénomène aussi variable que celui qui nous a occupé précédemment. Mais on voudrait au moins savoir si de pareilles différences représentent fidèlement la variabilité du phénomène lui-même, et si les résultats mentionnés sont entièrement comparables quand on tient compte des conditions dans lesquelles ils ont été obtenus. A cet égard, malheureusement, la science possède à peine les éléments d'une discussion sérieuse, la plupart des observateurs ayant omis de donner des détails suffisants. — D'abord, quant aux deux nombres différents qu'ont publiés Lavoisier et Séguin, tout ce qu'on peut dire, c'est que le dernier seul est formulé d'une manière positive et semble représenter la *moyenne* des expériences faites par ces auteurs : ce nombre est, avec celui qu'a donné Dumas, le plus faible de tous ceux que nous avons cités. On ne sait pas d'ailleurs positivement dans quelles conditions se sont placés Lavoisier et Séguin : ils disent seulement s'en être tenus à la *moyenne* de leurs observations « pour un individu qui ne se livre pas à des travaux de corps très pénibles » (2). — Allen et Pepys laissaient le sujet au repos, mais opéraient sous un climat plus froid que celui de Paris ; or, nous verrons plus loin que cette circonstance augmente d'une façon très sensible la production d'acide carbonique. La même remarque pourrait s'appliquer aux nombres obtenus par H. Davy et Dalton, qui, d'ailleurs, expérimentaient dans des conditions où la respiration ne pouvait guère conserver ses allures naturelles. — Dumas (3) nous apprend lui-même comment il se disposait pour observer sa propre respiration : « Quand j'ai fait, dit-il, des expériences de ce genre sur moi-même, je parvenais très bien à lire ou à travailler à mon bureau pendant toute leur durée. » Ainsi (en laissant de côté l

(1) *De la chaleur produite par les êtres vivants*, p. 356.
(2) *Mém. de l'Acad. des sciences*, 1790, p. 608.
(3) *Chim. physiol. et médic.*, p. 457.

différence des méthodes), Dumas, dont les nombres se rapprochent de ceux qu'en 1790 ont donnés Lavoisier et Séguin, paraît s'être placé aussi dans des conditions de travail modéré : c'est aussi une *moyenne* que nous lui avons empruntée. Ajoutons que ces trois expérimentateurs opéraient dans la même localité, ce qui peut contribuer à rendre compte d'une certaine concordance dans l'évaluation de l'acide carbonique exhalé.

Les résultats obtenus par Andral et Gavarret ne sont pourtant pas en complet accord avec les précédents ; de plus, ils diffèrent de ceux que Sharling a publiés : on a vu que, d'après cet observateur, l'exhalation d'acide carbonique est, en moyenne et par heure, de 17 litres ; elle est de 20 litres suivant Andral et Gavarret. Nous avons dit les raisons qui nous font accepter avec réserve le nombre donné par Sharling, bien qu'il soit plus rapproché des nombres de Lavoisier et de Dumas. Si l'on a regardé comme un peu exagéré le chiffre qui résulte des expériences d'Andral et Gavarret, au moins doit-on reconnaître qu'il exprime l'exhalation de l'acide carbonique dans des circonstances que ces habiles observateurs ont précisées avec le plus grand soin : il s'agit de l'homme âgé de seize à trente ans, observé pendant huit à treize minutes, entre une et deux heures de la journée, à un même intervalle des repas et dans les mêmes conditions de travail musculaire. Andral et Gavarret ajoutent que « l'activité de la fonction pulmonaire variant avec les diverses heures de la journée, et suivant l'état de veille ou de sommeil, ils n'ont pas cru devoir se servir de ces résultats pour calculer ce qu'un homme exhale d'acide carbonique dans l'espace de vingt-quatre heures (1). » Bien évidemment, on ne peut s'attendre à voir concorder leurs nombres qu'avec ceux qui ont trait au phénomène observé dans les mêmes conditions, et il paraît d'ailleurs manifeste que les conditions dans lesquelles Andral et Gavarret se sont placés doivent donner un chiffre *maximum*, pour l'exhalation de l'acide carbonique, surtout à cause de l'heure des observations.

En résumé, comme limites à assigner aux variations de quantité d'acide carbonique produit dans un temps déterminé, il semble résulter du précédent examen qu'on peut s'arrêter aux évaluations suivantes : un *homme adulte*, vers l'âge de trente ans, à jeun et dans le repos, exhale par ses poumons, en une heure, *quinze à vingt litres d'acide carbonique*, qui, correspondant à des poids de 29gr,670 à 39gr,560, supposent une consommation de carbone de 8gr,090 à 10gr,789. Cette estimation de la production de l'acide carbonique, dans le travail ordinaire de l'appareil respiratoire de l'homme adulte, s'appuie sur des expériences faites, soit par la méthode directe de Lavoisier, soit par la méthode indirecte de Boussingault (2), qui se contrôlent si utilement l'une l'autre.

Quant aux résultats qui ont été obtenus sur *divers animaux*, nous ne les exposerons qu'en nous occupant, plus loin, des *causes qui font varier*, dans leur intensité, *les phénomènes chimiques de la respiration*.

En terminant, nous croyons devoir rappeler que si, circulant avec le sang, qui est le milieu de tous les phénomènes de nutrition, l'oxygène emprunté à l'air représente, comme on l'a vu, l'agent indispensable de la plupart des transforma-

(1) GAVARRET, *De la chaleur produite par les êtres vivants*, p. 345. Paris, 1855.
(2) BARRAL, *loc. cit.*

tions qui s'accomplissent au sein de l'organisme, le *gaz acide carbonique* doi être regardé, au contraire, comme un des produits ultimes des transmutation nutritives; aussi est-il destiné à être éliminé, avec la vapeur d'eau, notamment pa les voies respiratoires. Quand on considère la faible proportion de ce gaz dans l'ai atmosphérique et sa proportion considérable dans l'air expiré, il est en effet facil de se convaincre que l'acide carbonique est bien un *produit de l'organisme* qu les animaux rejettent dans les milieux ambiants, mais qu'ils ne leur emprunten point; qu'ainsi ce gaz provient des tissus et des humeurs mêmes de l'animal e non du dehors. Tout en admettant qu'une portion de l'acide carbonique exhal par les surfaces respiratoires puisse s'y former au fur et à mesure de son exhalatio (aux dépens de carbonates qui passeraient de l'état acide à l'état neutre ou s décomposeraient à l'aide de quelque acide de l'économie), on reconnaît assez gé néralement qu'une autre partie, sans doute la plus considérable, existe à l'état d liberté et de simple dissolution dans la masse même du sang : de là, la possibilit de cet *échange gazeux* entre l'organisme et l'atmosphère, qui constitue un de actes principaux de la respiration.

D. — L'autre élément constitutif de l'*air atmosphérique*, dont nous avons à nou occuper en traçant l'histoire de la respiration, est l'*azote*. Ce gaz joue-t-il ici un rôl purement passif? doit-on le faire figurer dans les principes que les animau exhalent ou dans ceux qu'ils absorbent?

Lavoisier (1) n'avait pu constater ni absorption, ni dégagement d'azote, pendan la respiration; Allen et Pepys (2) arrivèrent au même résultat négatif. D'aprè Alex. de Humboldt et Provençal (3), H. Davy (4), Pfaff (5), Henderson (6), etc. l'air expiré contiendrait moins d'azote que l'air inspiré, tandis que c'est le con traire qui a lieu ordinairement selon Berthollet (7), Despretz (8), Marchand (9) Boussingault (10), Regnault et Reiset (11), etc.: en d'autres termes, pour ceux-l il y aurait absorption d'azote, et, pour ceux-ci, il y a exhalation du même gaz Dulong (12), en 1822, vint également prêter appui à cette dernière opinion. E recherchant les sources de la chaleur animale et en étudiant, à l'aide de la *méthod directe*, les phénomènes physico-chimiques de la respiration, il reconnut, en effet dans presque toutes ses expériences, une *exhalation d'azote :* sur seize observations il y eut, dans une seule (chat de trois mois), absorption d'azote, et dans une autr (chat de quatre mois) ce gaz parut n'avoir été ni absorbé, ni exhalé. W. Edwards (13) reprenant la question, opéra sur de petits animaux renfermés dans des réci pients fort étroits; de pareilles conditions sont peu favorables à l'étude du pro

(1) *Mém. de l'Acad. des sciences de Paris*, 1789, p. 574.
(2) *Philos. Transact.*, 1808, p. 280.
(3) *Mém. de la Soc. d'Arcueil*, t. II, p. 454.
(4) *Researches Chemical and Philos. on Nitrous Oxyde.* London, 1800, p. 434.
(5) *Nouvelles expériences sur la respiration* (*Annales de chimie*, 1805, t. LV, p. 177).
(6) NICHOLSON'S *Journal of Natural Philosophy*, t. VII, p. 40.
(7) *Mém. de la Soc. d'Arcueil*, t. II, p. 359.
(8) *Ann. de chim. et de phys.*, 2e série, t. XXVI, p. 349.
(9) *Journal für praktische Chemie*, t. XLIV, p. 1.
(10) *Mém. cit.*
(11) *Ann. de chim. et de phys.*, 3e série, t. XXVI.
(12) *Ann. de chim. et de phys.*, 3e série, t. I, p. 440. — Ce mémoire fut communiqué à l'Ac démie des sciences de Paris le 2 décembre 1822.
(13) *De l'influence des agents physiques sur la vie.* Paris, 1824, p. 420 et suiv.

blème qui nous occupe. Évidemment, il y a plus de chances pour une solution exacte en agissant sur un volume d'air assez considérable et sur des mammifères ou des oiseaux d'une certaine taille. Quoi qu'il en soit, W. Edwards constata, tantôt un excès d'azote dans l'air expiré, tantôt une diminution de ce gaz, d'autres fois l'égalité entre les quantités d'azote avant et après la respiration; et ses observations ont été confirmées par diverses expériences de Regnault et Reiset (1) faites sur des grenouilles ou des salamandres. W. Edwards expliqua cette variabilité des résultats, en admettant une absorption et une exhalation simultanées : l'animal emprunterait au dehors de l'azote atmosphérique, dégagerait dans l'air de l'azote provenant de son organisme, et, selon que l'un ou l'autre phénomène serait prédominant ou que les deux se feraient équilibre, on constaterait un des trois précédents résultats. Mais, en réalité, la variabilité est ici bien moindre que ne l'avait supposé W. Edwards, et nous allons voir le fait de l'exhalation constante d'azote s'établir de plus en plus nettement à l'aide des expériences les plus rigoureuses sur des *mammifères* et des *oiseaux*, pris dans l'état de santé et soumis à leur régime habituel.

Depuis Dulong, et aussi depuis Despretz (2), qui, dans plus de deux cents expériences, assure avoir toujours vu l'air expiré entraîner avec lui plus d'azote que n'en contenait l'air inspiré, d'autres habiles expérimentateurs sont venus confirmer l'exactitude de cette assertion.

A l'aide de sa *méthode indirecte* que nous avons fait connaître précédemment (page 525), Boussingault (3) a constaté, sur une vache laitière, un cheval, deux porcs, deux tourterelles (soumis à la *ration d'entretien*, c'est-à-dire ne fixant en eux aucun principe nouveau), que la quantité d'azote ingérée avec les aliments en vingt-quatre heures était toujours supérieure à celle que l'on retrouvait dans les matières solides et liquides expulsées du corps : il en a conclu qu'en pareilles conditions l'exhalation de l'azote était un des phénomènes normaux de la respiration chez les animaux étudiés par lui. La même méthode appliquée à l'espèce humaine, par Barral (4), a permis à cet observateur de constater que l'homme, à l'état normal, exhale aussi de l'azote par ses voies pulmonaires.

Quant à Regnault et Reiset, en étudiant l'ensemble des phénomènes respiratoires, ils se préoccupèrent vivement de savoir ce que devient l'azote atmosphérique, et contribuèrent, pour une grande part, à la solution définitive du problème. Ajoutons que, pendant qu'ils expérimentaient en France, Marchand (5) poursuivait, en Allemagne, le même but et arrivait à des résultats conformes aux leurs.

La première conclusion du travail de Regnault et Reiset (6) est ainsi formulée : « Lorsque les animaux sont soumis à leur régime alimentaire habituel, *ils dégagent toujours de l'azote;* mais la quantité de ce gaz exhalé est très petite : elle ne s'élève jamais à $\frac{2}{100}$ du poids de l'oxygène total consommé, et, le plus souvent, elle est moindre que $\frac{1}{100}$. » Ayant aussi reconnu que certains changements de régime ou un état de souffrance peuvent modifier la respiration jusqu'à remplacer l'exhalation d'azote par une absorption, ces savants ajoutent : « Les alternatives

(1) *Mém. et rec. cit.*, p. 183.
(2) *Mém. et rec. cit.*, p. 349.
(3) *Loc. cit.*
(4) *Ann. de chim. et de phys.*, 3e série, t. XXV, p. 129.
(5) *Journ. für praktische Chemie*, t. XLIV, p. 1.
(6) *Ann. de chim. et de phys.*, 3e série, t. XXVI, p. 214.

de dégagement et d'absorption d'azote que présente le même animal lorsqu'il est soumis à divers régimes, sont favorables à l'opinion de W. Edwards, qui admet que le dégagement et l'absorption d'azote ont toujours lieu simultanément pendant la respiration, et que l'on n'observe jamais que la résultante de ces deux effets contraires. » W. Edwards s'était basé, pour émettre cette hypothèse, sur la variabilité même du phénomène ; mais Regnault et Reiset, en démontrant que *normalement* il y a une *exhalation constante d'azote*, ont enlevé beaucoup de son opportunité et de sa vraisemblance à la précédente hypothèse.

Les expériences de Regnault et Reiset donnent une mesure de la *quantité d'azote* exhalé, en un temps donné, par un animal d'une espèce déterminée et d'un poids connu. Cette quantité est rapportée à celle de l'oxygène consommé par l'animal, et en outre le poids même de l'azote exhalé se trouve également indiqué dans chaque expérience. En comparant les nombres relatés dans leur mémoire et en ne considérant que les conditions normales, ainsi que les *moyennes* des résultats, nous pouvons déduire les chiffres suivants :

	RAPPORT DE LA QUANTITÉ D'AZOTE EXHALÉ A LA QUANTITÉ D'OXYGÈNE ABSORBÉ EN DES TEMPS ÉGAUX.			POIDS DE L'AZOTE EXHALÉ EN UNE HEURE POUR UN KILOGR. DU POIDS DES ANIMAUX.
	Moyennes.	Maxima.	Minima.	Moyennes.
	Gram.	Gram.	Gram.	Gram.
Lapins	0,0047	0,0081	0,0008	0,00374
Chiens	0,0066	0,0174	0,0007	0,00781
Poules	0,0074	0,0117	0,0022	0,00889
Verdiers et moineaux	0,0119	0,0400	0,0000	0,14113

Des nombres donnés par Boussingault (1), on peut conclure que le rapport de l'azote exhalé à l'oxygène absorbé était :

	Gram.
Chez la vache laitière	0,0044
Chez le cheval	0,0035

Cela suppose, par kilogramme et par heure, pour le poids d'azote exhalé :

	Gram.
Vache	0,00205
Cheval	0,00190

En ce qui concerne l'espèce humaine, on ne saurait guère citer que les résultats obtenus par Barral, qui, à l'aide de la méthode indirecte, a expérimenté sur un homme de vingt-neuf ans et sur un autre âgé de cinquante-neuf. Chez le premier, il a trouvé, pour rapport de l'azote exhalé à l'oxygène absorbé, le nombre 0,0133, et, chez le second, 0,0108. La quantité d'azote exhalé, par heure et par kilogramme de matière vivante, était, chez l'homme de vingt-neuf ans, de $0^{gr},0107$ chez celui de cinquante-neuf ans, de $0^{gr},0069$.

(1) *Loc. cit.*

Quant aux animaux à sang froid, la lenteur des phénomènes respiratoires oblige d'opérer sur des quantités trop faibles pour qu'on se tienne sûrement en dehors des limites d'erreurs d'observation; et, tout en ayant constaté dans la généralité de ces animaux, comme chez les autres, une exhalation d'azote, Regnault et Reiset n'ont énoncé un pareil résultat qu'avec réserve. Les mêmes raisons nous engagent à ne pas admettre définitivement les observations de Humboldt et Provençal, d'après qui, chez les animaux aquatiques, l'absorption d'azote serait le cas normal: cette assertion, contraire à tout ce qui a été observé récemment sur les animaux aériens, ne peut être admise sans vérification nouvelle, et doit faire désirer que la question du rôle de l'azote, dans la respiration, soit reprise chez les animaux aquatiques ou à sang froid. Jusqu'à présent la science ne possède pas de données certaines à cet égard.

Pour nous résumer, nous dirons donc qu'aujourd'hui c'est un fait généralement admis par les physiologistes, qu'il y a *exhalation d'azote* chez les animaux supérieurs soumis à leur régime alimentaire habituel; en d'autres termes, que la quantité d'azote expiré dépasse celle que l'inspiration avait introduite dans le poumon. — Si, pendant l'inanition, ou dans d'autres conditions anormales, on a vu de ces animaux (et notamment des oiseaux) emprunter, à l'aide de la respiration, une certaine quantité d'*azote* à l'air atmosphérique, toujours est-il que, dans l'état physiologique, cet élément essentiel leur est exclusivement fourni par les aliments ingérés. L'*azote de l'atmosphère*, n'étant pas d'ordinaire fixé par les animaux, ne trouve point, par conséquent, d'emploi dans leur nutrition ou dans leur développement organique, et l'on ne croit devoir lui attribuer pour rôle que de mitiger les propriétés trop actives de l'oxygène, de prévenir une oxydation trop rapide des composés organiques. Est-il besoin de rappeler encore que la *moyenne* d'azote exhalé reste la même chez les animaux, d'ailleurs bien nourris, qui vivent dans l'oxygène pur ou bien dans des atmosphères composées d'oxygène et d'hydrogène, pour démontrer que l'azote contenu dans le sang provient essentiellement d'un travail dépendant de l'organisme lui-même? Ce gaz, engendré par les phénomènes de nutrition, peut être rapporté à la destruction complète d'une certaine proportion des substances azotées du sang, ou bien encore à une simple transformation des matières alimentaires azotées en produits ternaires. Du reste, nous l'avons vu, la quantité qui en est exhalée par les surfaces respiratoires est assez minime, puisque le plus ordinairement elle ne représente environ que les cinq ou six millièmes de la quantité d'oxygène absorbé.

E. — Diminution dans la quantité de l'oxygène, augmentation très notable de 'acide carbonique, variations légères dans la proportion de l'azote, tels sont les ›rincipaux changements que la respiration fait subir à la composition de l'air. Iais, de plus, l'air expiré est notablement chargé de *vapeur d'eau*; il suffit, pour e reconnaître, de respirer devant un miroir, ou bien d'observer un animal à sang haud, placé dans un milieu dont la température est assez basse: dans le premier as, la vapeur d'eau se condense en gouttelettes sur la surface froide, et, dans le econd, ces gouttelettes mêlées à l'atmosphère prennent l'aspect d'un brouillard. ussi le dégagement de vapeur aqueuse par les voies aériennes a-t-il été nécessaiement observé bien avant tous les autres phénomènes physico-chimiques de la resiration. Seulement, quand ils ignoraient ces phénomènes, les physiologistes devaient

être conduits à regarder l'exhalation d'eau par le poumon comme un fait beaucoup plus simple que nous ne sommes portés à le croire aujourd'hui. L'eau ainsi éliminée ne pouvait être, à leurs yeux, qu'une portion plus ou moins considérable de l'eau absorbée directement ou avec les matières alimentaires, et ils n'avaient encore aucune raison de penser qu'une partie de ce liquide pût prendre naissance dans le corps lui-même par l'action d'un des principes de l'air sur certains matériaux de l'organisme. On ne saurait donc considérer comme absolument comparables entre elles, d'une part, les expériences faites avant Lavoisier sur ce qu'on nommait alors la *transpiration insensible*, et, d'autre part, les recherches entreprises depuis sur le même sujet. Aussi, en ce moment, ne citerons-nous que pour mémoire les travaux célèbres de Sanctorius (1), qui provoquèrent ceux de Keill (2), Rye (3), Gorter (4), Lining (5), Robinson (6), Hales (7), W. Stark (8), etc. Ces divers expérimentateurs ont presque constamment confondu entre elles les pertes aqueuses que le corps éprouve par la peau et par le poumon.

Une pareille confusion ne saurait plus être permise, depuis qu'une distinction exacte de ces phénomènes a été nettement établie dans un des mémoires posthumes de Lavoisier (9), publiés par Séguin : « Dans le plan que nous nous étions tracé, y est-il dit, nous avions trois effets à examiner : ceux de la *transpiration cutanée*, ceux de la *transpiration pulmonaire*, ceux de la *respiration*. Puis, un peu plus loin, ces auteurs (10) ajoutent : « L'air entre froid dans le poumon, il en ressort avec une chaleur presque égale à celle du sang : or, l'air chaud dissout plus d'eau que l'air froid, et c'est en raison de cette augmentation de vertu dissolvante qu'il emporte l'eau existant dans le poumon..... » « Cette eau est » de deux espèces : 1° celle qui suinte dans les bronches, *c'est l'eau de la transpiration pulmonaire proprement dite ;* 2° celle qui se forme par la combinaison de l'oxygène de l'air avec l'hydrogène du sang, *c'est l'eau de la respiration.* »

Cette dernière quantité d'eau devrait seule nous occuper ici, s'il était possible de la recueillir et de l'observer à part ; mais, mêlées ensemble, l'eau de la respiration et l'eau de la transpiration pulmonaire ne sauraient être évaluées séparément que d'une manière indirecte et approximative. Il faut donc, avant tout, en étudiant l'air expiré, rechercher quelle quantité d'eau y est contenue, abstraction faite de l'origine qu'on peut attribuer à ce liquide.

Nous ferons seulement observer que le poumon est à la fois un organe de respiration et un organe d'exhalation générale ; or devant tracer, plus tard, l'*histoire de l'exhalation*, nous traiterons par conséquent à la fois de l'élimination de diverses substances par les voies respiratoires, *de la transpiration pulmonaire proprement dite* et des émanations organiques qui viennent s'y joindre en petite proportion.

(1) *De medicina statica aphorismi*. Venise, 1614.
(2) *Medic. static. Britannica*, dans *Tentamina, physico-medica*, Londres, 1718.
(3) *Medicina statica Hibernica*.
(4) *De perspiratione insensibili*. Leyde, 1725.
(5) *Account of Stat. Exper.*, etc. (*Philos. Trans.*, 1743, t. XLII, p. 491 ; 1744, t. XLI p. 318).
(6) *Dissert. sur la quantité de la transpiration*, trad. de l'anglais. Paris, 1749.
(7) *Statical Essays*, t. II, p. 322.
(8) *Static. Exper.*, etc. (*Works* of Stark). Londres, 1788, p. 169.
(9) *Mém. de l'Acad. des sciences*, 1790, p. 605 et suiv.
(10) *Mém. cit.*, p. 606 et 607.

Le mémoire de Lavoisier et Séguin, que nous avons cité, contient une évaluation de la *quantité de vapeur d'eau expirée* par l'homme. Cette évaluation a pu être contestée dans des travaux ultérieurs; mais ce que ces deux savants établissent très bien dans leur premier mémoire et aussi dans un deuxième sur le même sujet (1), c'est que la quantité d'eau qu'emporte avec lui l'air expiré est extrêmement variable suivant les conditions : « La transpiration pulmonaire, disent-ils, peut être augmentée ou diminuée par une infinité de circonstances (2). »

Pour arriver à l'appréciation de la quantité d'eau éliminée par la transpiration pulmonaire, chez un homme travaillant modérément, Lavoisier et Séguin estiment que la *perte totale de poids* due à la respiration, à la transpiration pulmonaire et à la transpiration cutanée, « varie de 11 à 32 grains », c'est-à-dire de $0^{gr},583$ à $1^{gr},696$ par minute; soit, par heure, $34^{gr},980$ à $101^{gr},760$. De cette *perte totale*, un peu plus des *deux tiers*, d'après ces observateurs, doit être rapporté à la transpiration cutanée, et un peu moins d'*un tiers* aux effets de la respiration et à la transpiration pulmonaire. Lavoisier et Séguin fixent la *moyenne* de ce dernier tiers à 18 ou 20 grammes, qui (en corrigeant leurs données d'après nos idées plus exactes sur la composition de l'eau et de l'acide carbonique), se décomposeraient ainsi :

	Gram.
Eau dégagée, en *une heure*, par la transpiration pulmonaire.	7,90
Carbone transformé en acide carbonique...............	8,00
Hydrogène transformé en eau..........................	2,60

Or, la consommation d'hydrogène inscrite ici fait supposer qu'il se forme, par heure, $23^{gr},40$ d'eau aux dépens de l'oxygène atmosphérique absorbé; la transpiration pulmonaire en éliminant $7^{gr},90$, on voit que l'air expiré par un homme, en une heure, renfermerait $31^{gr},30$ d'eau, dont les trois quarts à peu près se seraient formés dans l'acte de la respiration elle-même. Pour vingt-quatre heures, la quantité totale d'eau expirée serait donc de 752 grammes. — On a critiqué ces résultats, et il est facile de le faire; mais il faudrait néanmoins se rappeler en quels termes Lavoisier et Séguin les ont présentés : « Le problème est indéterminé et susceptible de plusieurs solutions; nous nous en tiendrons *provisoirement* à celle qui nous paraît la plus probable (3). » Et deux pages plus loin, ils en parlent encore avec la même réserve.

Valentin (4) a entrepris récemment de déterminer, d'une manière directe, la quantité d'eau contenue dans l'air expiré; et, il faut le reconnaître, ses résultats ne diffèrent point très notablement de ceux que nous venons de mentionner. Après avoir absorbé, à l'aide d'un corps desséchant, la vapeur d'eau sortie de ses poumons, et l'avoir pesée, cet expérimentateur trouva un poids de $0^{gr},267$ par minute, soit $384^{gr},48$ pour les vingt-quatre heures. Chez un jeune homme de petite taille, cette évaluation ne fut que de 350 grammes; chez un autre plus grand, elle s'éleva à 773 grammes, etc.

La *moyenne* des expériences assez nombreuses de Valentin porte à 540 grammes la quantité d'eau exhalée en vingt-quatre heures par les poumons de l'homme.

(1) *Ann. de chimie*, t. XC, p. 5. — Ce mémoire n'a été publié qu'en 1814 par Séguin.
(2) *Mém. de l'Acad. des sciences*, 1790, p. 608.
(3) *Mém. de l'Acad. des sciences*, 1790, p. 608.
(4) *Lehrbuch der Physiol.*, t. I, p. 536.

L'application de la *méthode indirecte* de Boussingault a conduit Barral (1) aux nombres suivants, concernant l'espèce humaine : un homme, âgé de vingt-neuf ans, exhalait en moyenne, par les poumons et par la peau, 50^{gr},613 en une heure, et le rapport de la transpiration pulmonaire à la transpiration cutanée était en moyenne de 0,523 ; la quantité d'eau éliminée avec les gaz de l'expiration devrait donc être estimée à 26^{gr},47 par heure, soit 635 grammes par jour.

Il serait superflu de passer ici en revue une plus longue série de résultats. En traitant, plus loin, des causes qui font varier dans leur quantité les divers produits de l'expiration, il nous sera facile de démontrer combien, d'après le pressentiment de Lavoisier, la quantité d'eau exhalée par les poumons varie suivant les circonstances. — En ce moment, ne voulant que poser les limites entre lesquelles se maintiennent d'habitude les variations du phénomène, nous dirons que ces variations, chez un homme adulte, durant le repos et dans les conditions normales de santé et de température, paraissent devoir être comprises entre 20 et 29 grammes d'eau par heure, ce qui donne, par jour, environ de 500 à 700 grammes.

Quant à la fraction de cette quantité d'eau exhalée qu'il faudrait distraire comme formée par la combustion de l'hydrogène, il n'y aurait lieu de s'en préoccuper que du moment qu'on admettrait qu'il y a combustion de l'hydrogène dans le poumon lui-même ; mais, comme on le croit avec raison aujourd'hui, si le sang absorbe l'oxygène et ne l'emploie aux combustions nutritives que dans la profondeur des divers organes, l'eau formée de cette façon se mêle nécessairement à celle qui provient des aliments ou des boissons, et s'exhale avec elle par les voies respiratoires, sans qu'il y ait lieu à les distinguer.

Ajoutons que comme l'eau de l'organisme, quelle que soit sa provenance, s'échappe par des voies d'élimination nombreuses et diverses, par conséquent la transpiration pulmonaire se rattache, comme nous le disions plus haut, plutôt à l'histoire de l'exhalation en général qu'à celle de la respiration elle-même ; aussi devrons-nous y revenir ailleurs.

Ce n'est qu'en faisant connaître les causes de variations de la transpiration pulmonaire, que nous nous proposons d'étudier cet acte physiologique *dans les espèces animales*, et d'exposer plusieurs travaux d'une grande valeur dans lesquels ce même acte a été examiné principalement au point de vue de l'influence des causes modificatrices de la respiration.

VIII. — Après avoir étudié, dans leur ensemble, les altérations propres à l'air expiré par les animaux, la première idée qui se présente à l'esprit c'est que la production de l'acide carbonique doit être intimement liée à l'absorption de l'oxygène ; l'acide carbonique n'est, en effet, que le produit de la combustion des matériaux carbonés du sang aux dépens de l'oxygène atmosphérique. Cette connexité des deux phénomènes une fois admise, il importe de déterminer *quel rapport existe entre la quantité d'oxygène absorbé et la quantité d'acide carbonique exhalé.*

Lavoisier, qui le premier rechercha ce rapport, fut conduit peu à peu par ses travaux à reconnaître que l'oxygène contenu dans l'acide carbonique expiré ne représente pas *tout* l'oxygène inspiré. En 1780, dans un mémoire fait en commun

(1) *Ann. de chim. et de phys.*, 3^{e} série, t. XXV, p. 129.

avec Laplace (1), il établit « que, dans un temps donné, il se dégage une quantité de calorique plus grande que celle qui devrait résulter de la quantité de gaz acide carbonique qui se forme dans un temps égal par la respiration »; et, en 1785, Lavoisier crut pouvoir annoncer, dans un travail publié dans le *Recueil de la Société de médecine*, « que très probablement la respiration ne se borne pas à une combustion de carbone, mais qu'elle occasionne encore la combustion d'une partie de l'hydrogène contenu dans le sang (2). » Enfin cette idée, très nettement formulée dans le mémoire de 1789 (3), avait dès lors pour base un fait expérimental : Lavoisier venait, en effet, de constater que l'acide carbonique exhalé chez l'homme ou chez les animaux ne représente jamais la totalité de l'oxygène absorbé.

Allen et Pepys (4) nièrent le fait annoncé par Lavoisier et la conclusion qu'il en avait tirée : suivant ces observateurs, la quantité d'acide carbonique exhalé serait exactement égale, en volume, à celle de l'oxygène absorbé, et, par conséquent, il n'y aurait pas lieu de conjecturer qu'il se forme de l'eau. Mais les travaux entrepris sur la respiration, depuis Allen et Pepys, vinrent confirmer l'exactitude des idées de Lavoisier, et firent rejeter l'assertion contraire des deux physiologistes anglais. Dans les expériences de Despretz (5), le rapport entre le volume de l'acide carbonique exhalé et celui de l'oxygène absorbé a varié de 0,62 à 0,78 ; dans celles de Dulong (6) il a été, en moyenne, de 0,90. Brunner et Valentin (7) ont beaucoup insisté sur la détermination de ce rapport qui se rattache, pour eux, à une théorie spéciale de la respiration : il serait, chez l'homme et divers animaux, de 0,85.

Dans leur beau travail sur la respiration, V. Regnault et Reiset (8) se sont également appliqués à évaluer avec précision le rapport dont il s'agit, et ces savants observateurs ont aussi toujours reconnu que l'acide carbonique exhalé dans un temps donné renferme moins d'oxygène que l'animal n'en absorbe dans ce même temps. Lavoisier, nous le répétons, avait donc annoncé un fait parfaitement exact, et il est dès lors permis d'admettre, avec lui, que la totalité de l'oxygène ne servant pas à brûler le carbone, une partie de ce gaz peut s'unir à l'hydrogène des matériaux organiques du sang pour engendrer de l'eau. Regnault et Reiset ont de plus constaté, chez les animaux d'une même espèce placés dans leurs conditions habituelles d'existence, que le rapport entre l'oxygène de l'acide carbonique produit et tout l'oxygène consommé est une quantité assez peu variable : chez le chien, ce rapport est de 0,743 à 0,750; chez le lapin, de 0,920, etc.

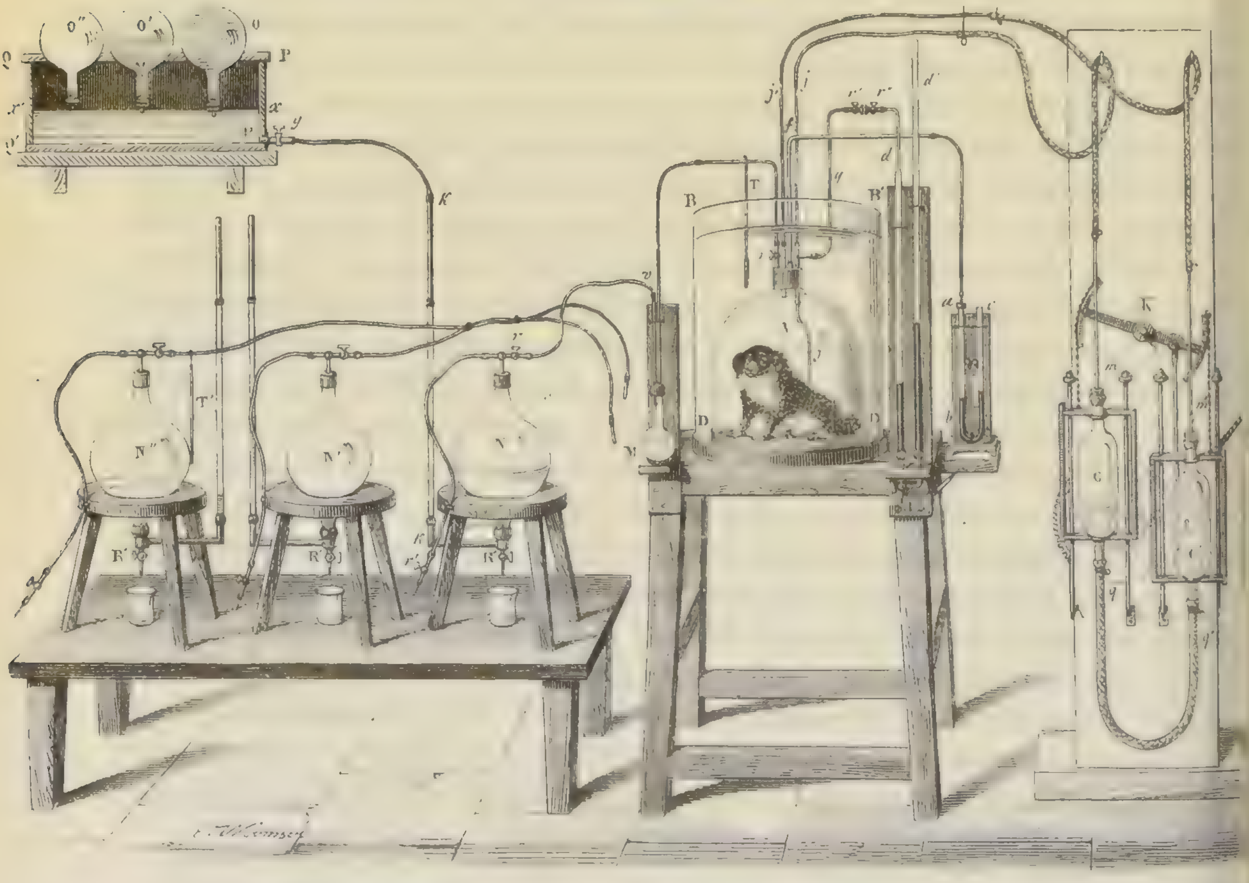
Mais les différents résultats obtenus ici par ces expérimentateurs, intéressant surtout l'étude des *causes qui font varier la quantité des produits de la respiration*, nous insisterons plus tard sur la diversité de ces résultats. Nous nous bornons maintenant à l'énoncé du fait général signalé par Lavoisier, fait qui a une si grande importance pour la théorie de la respiration.

(1) *Mém. de l'Acad. des sciences*, 1780, p. 355.
(2) *Ibid.*, 1789, p. 569.
(3) *Ibid.*, p. 570 et suiv.
(4) *Bibliot. Britann.*, 1809, t. XLII.
(5) *Ann. de chim. et de phys.*, 2e série, t. XXVII.
(6) *Ibid.*, 3e série, t. I.
(7) VALENTIN, *Lehrbuch der Physiologie des Menschen*, 1847, t. I, p. 569.
(8) *Mém. cit.*

Le travail le plus remarquable qui ait été fait sur la respiration, depuis Lavoisier, est sans contredit celui que V. Regnault et J. Reiset (1) ont publié dans ces dernières années. Comme leur travail, que nous avons tant de fois cité et dont les principaux résultats nous sont déjà connus, embrasse l'ensemble des phénomènes physico-chimiques de la respiration, il nous a paru préférable de remettre, après l'étude générale des précédents phénomènes, la description de l'*appareil* employé par ces deux savants.

Cet appareil, disons-le d'avance, réalise, avec toutes les conditions désirables d'exactitude, l'idée primitive de Lavoisier : « faire vivre un animal, pendant un temps suffisamment prolongé, dans un espace clos où l'oxygène consommé par la respiration soit sans cesse remplacé par de nouvel oxygène, et où l'acide carbonique expiré soit absorbé sans cesse par une dissolution de potasse. » Dans leur appareil, si ingénieusement conçu et exécuté, qui donne, en outre, tous les moyens d'arriver aux dosages les plus exacts possible des produits de la respira-

Fig. 9. — Appareil de V. Regnault et Reiset pour l'étude des phénomènes chimiques de la respiration.



Appareil fournissant l'oxygène.

Cloche dans laquelle l'animal respire.

Appareil absorbant l'acide carbonique expiré.

tion, Regnault et Reiset se sont surtout attachés à faire séjourner l'animal assez longtemps pour avoir à constater des altérations considérables de l'air expiré, et partant plus faciles à évaluer avec précision. Enfin, pour connaître, sous le rapport des proportions de l'azote, les variations que subit l'air dans lequel est placé l'animal, ces expérimentateurs ont disposé l'appareil de façon qu'à tout moment d'une expérience, on pût extraire du gaz de l'espace où est l'animal et en faire l'ana-

(1) *Ann. de chim. et de phys.*, 3e série, t. XXVI, p. 299.

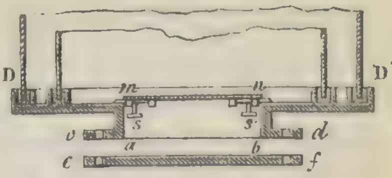
lyse. — Chaque animal restait, sous la cloche, durant le temps nécessaire pour consommer de 65 à 150 litres d'oxygène : pour les chiens, ce temps était seulement de douze à vingt heures; les lapins, les poules, les canards et autres animaux séjournaient deux, trois et quatre jours dans l'appareil. Lorsque ce séjour devait dépasser quinze heures, en général on mettait, à côté du sujet en expérience, les aliments nécessaires. — Du reste, toutes les causes d'erreur furent recherchées et prévues avec un soin extrême : celles qui pouvaient être écartées tout d'abord furent annulées par la construction et le jeu de l'appareil lui-même; celles qui étaient inhérentes au mode d'expérimentation furent appréciées à l'aide d'expériences préparatoires. C'est ainsi, par exemple, qu'on s'assura que ni les aliments introduits dans la cloche où était l'animal, ni les excréments rendus par lui n'altéraient l'air qu'il devait respirer. Des expériences furent aussi instituées pour reconnaître les quantités d'ammoniaque et de gaz sulfuré qui se dégagent pendant la perspiration des animaux, pour déterminer la part qu'il faut faire à la surface cutanée du corps de l'animal dans les phénomènes de la respiration, pour tenir compte des exhalaisons du canal intestinal, etc.

La figure ci-jointe (fig. 9) représente l'appareil employé par Regnault et Reiset pour leurs expériences définitives. Notre description, quoique très sommaire, suffira pour montrer toute la supériorité de leurs procédés d'expérimentation sur ceux de leurs devanciers.

Cet appareil se compose de trois parties : 1° d'une cloche convenablement disposée pour loger sans gêne l'animal soumis à l'expérience ; 2° d'un appareil propre à condenser l'acide carbonique à mesure qu'il est expiré ; 3° d'un autre appareil destiné à fournir l'oxygène qui doit remplacer, dans la cloche, celui que consomme l'animal.

1° *De la cloche dans laquelle l'animal respire.* — Sur un bâti de charpente est placée une cloche A munie supérieurement d'une tubulure et ayant environ 45 litres de capacité. Cette cloche doit être fermée hermétiquement, pour ne communiquer qu'avec les appareils condenseur d'acide carbonique et générateur d'oxygène : à cet effet, elle est mastiquée sur un disque de fonte DD′ dont la disposition est représentée dans la figure 10. C'est par une ouverture de ce disque que l'animal doit être introduit dans la cloche où il se trouvera exactement renfermé; cette ouverture se voit en *ab*. Un couvercle boulonné *ef* la bouche complétement pendant l'expérience; un petit plancher *mn*, formé d'une plaque de tôle percée de trous et recouverte d'une petite tringle de bois, supporte l'animal et se fixe au moyen de petites targettes *ss′*. Toutes ces surfaces métalliques sont soigneusement peintes au minium pour éviter que le fer, en s'oxydant, n'absorbe de l'oxygène aux dépens de l'air de la cloche. Enfin, il importe que la cloche soit maintenue à une température constante que l'on détermine; aussi est-elle entourée d'un manchon de verre BB′DD′, rempli d'eau à la température voulue et mastiqué dans une seconde rainure (la plus extérieure) du disque de fonte DD′ (fig. 9 et fig. 10).

Fig. 10.



La cloche ainsi disposée doit communiquer avec le condenseur d'acide carbonique et avec le générateur d'oxygène; elle doit aussi être en rapport avec un appareil qui permette de puiser, quand on le juge à propos, de l'air sous la cloche pour en déterminer la proportion d'azote; enfin il faut qu'un *manomètre* fasse

connaître, à tous moments, si la pression, dans l'espace où l'animal est renfermé, ne s'éloigne pas des conditions normales. — Toutes ces voies de communication sont ménagées dans la tubulure supérieure de la cloche : deux tubes j et j' se rendent au condenseur d'acide carbonique CC'; un autre tube r amène l'oxygène qui a passé dans le flacon laveur M ; un quatrième tube g, embranché sur le tube j, communique avec un manomètre à mercure dd, et ce même tube est muni, dans sa courbure, d'un robinet rr', par lequel on peut, pendant l'expérience, extraire tel volume d'air que l'on veut pour l'analyser. Enfin un cinquième tube f met la cloche en rapport avec un manomètre simple qui fait connaître, à chaque instant, les conditions de la pression intérieure.

2° *De l'appareil qui absorbe l'acide carbonique expiré.* — Cet appareil a une disposition fort curieuse qui lui permet de fonctionner comme une pompe aspirante et foulante à l'égard de l'air contenu dans la cloche. Il se compose de deux pipettes C et C' dont la capacité totale est d'environ 3 litres. Réunies inférieurement par un tube qq' de caoutchouc vulcanisé recouvert de toile, elles constituent ainsi deux vases communicants dans lesquels on introduit 3 litres environ d'une dissolution de potasse caustique. Un ingénieux mécanisme anime ces deux pipettes d'un mouvement alternatif d'élévation et d'abaissement : l'une montant le long de deux tringles de fer, pendant que l'autre descend le long de deux tringles semblables, et ainsi chacune à son tour. Dans ce mouvement, si l'éprouvette C s'élève, le niveau du liquide s'y abaisse et fait l'office d'un piston qui, par sa retraite, aspire dans l'éprouvette C l'air de la cloche que peut amener le tube j ; mais, en même temps, l'éprouvette C' descend et le niveau du liquide s'y élève, de manière à fouler, comme un piston, l'air que contenait l'éprouvette et à le renvoyer dans la cloche, par la tubulure j', après lui avoir enlevé son acide carbonique. Chaque éprouvette aspire et refoule ainsi, tour à tour, l'air de l'espace où respire l'animal, de manière qu'à tout instant l'acide carbonique produit est fixé par la potasse. Ajoutons que le tube j, qui plonge jusque dans la partie inférieure de la cloche A, rend impossible toute accumulation de gaz carbonique dans les couches inférieures de l'air où l'animal séjourne. Le mouvement des pipettes a d'ailleurs l'avantage de déterminer, dans l'air de la cloche, une agitation continuelle qui lui maintient son uniformité de composition.

3° *De l'appareil qui fournit l'oxygène.* — Il nous suffira d'indiquer ici la disposition générale de cette dernière partie.

Trois grandes pipettes globuleuses N, N', N'', sont destinées à contenir l'oxygène sur une dissolution concentrée de chlorure de calcium, qui ne dissout qu'en minime proportion l'oxygène pur ou l'air atmosphérique. — La *tubulure supérieure* de chaque pipette est munie d'une monture métallique donnant insertion à deux tubes pourvus de robinets en r et en r' : le tube r' sert à remplir la pipette d'oxygène; le tube r est destiné à être mis en communication avec la cloche dans laquelle respire l'animal et à y conduire l'oxygène. — Ce gaz doit d'ailleurs, avant de pénétrer sous la cloche A, traverser le flacon laveur M qui contient une dissolution de potasse. — La *tubulure inférieure* de chacune des pipettes porte à la fois un robinet R' par lequel peut s'écouler le liquide contenu dans la pipette, et un tube coudé R'kk' qui communique avec un *réservoir* PP'QQ' renfermant la dissolution de chlorure de calcium.

Ces dispositions permettent, d'une part, de remplir la pipette d'oxygène, et, de l'autre, de faire passer sans difficulté ce gaz sous la cloche où se trouve l'animal.

Pour remplir la pipette, on commence par y faire couler par le tube $k'k$R du chlorure de calcium jusqu'au point de repère o, cela fait, on met le tube r' en communication avec un appareil duquel se dégage de l'oxygène bien pur; le robinet r est fermé, et l'on ouvre le robinet R′ de la tubulure inférieure. La solution de chlorure de calcium s'écoule et l'oxygène la remplace dans la pipette. Lorsque le liquide s'est abaissé jusqu'au point de repère o', on referme le robinet R′, parce que le volume compris entre o et o' ayant été mesuré avec soin, on connaît exactement celui de l'oxygène introduit dans la pipette; il suffit d'observer la pression intérieure pour en déduire la quantité exacte de gaz contenu en N.

Quand il s'agit de faire passer, sous la cloche A, le gaz de la pipette, on ferme le robinet r', on ajuste en v le tube r, sur celui du flacon laveur M; puis on ouvre le robinet r, et enfin, en ouvrant aussi le robinet g du réservoir, on fait rentrer dans la pipette une nouvelle quantité de chlorure de calcium qui chasse l'oxygène vers la cloche.

Chaque pipette à oxygène ayant la même disposition, on les emploie successivement et de la même manière.

Quant aux trois ballons O″, O′, O, par lesquels le *réservoir* est alimenté de la dissolution de chlorure de calcium, ils sont préparés de façon à maintenir sensiblement constant le niveau xx' du liquide.

Pour faire une expérience, à l'aide de ce bel appareil, il faut exécuter les opérations suivantes : Verser, dans les pipettes C, C′, du condenseur d'acide carbonique, la quantité convenable de dissolution potassique, et mettre cette partie de l'appareil en communication avec la cloche A ; disposer la pipette N, préalablement remplie d'oxygène, de manière qu'elle fournisse ce gaz au fur et à mesure que la respiration de l'animal consommera l'oxygène de l'air que la cloche contient; introduire l'animal ou les animaux sous la cloche. — Mais, avant de fermer hermétiquement cet espace, il faut avoir pris toutes les précautions nécessaires pour que l'air qui y est contenu soit exempt d'altération au moment où commence l'expérience. Dans ce but, on met la tubulure r de la cloche en communication avec une forte machine pneumatique et l'on détermine un rapide courant d'air; en même temps on amène le manchon BB′DD′ à une température convenable en y versant de l'eau chauffée, et cette température est maintenue constante. Alors l'ouverture par laquelle l'animal a été introduit sous la cloche, étant fermée, et la machine pneumatique étant détachée, on prend note des indications du thermomètre T, de celles du baromètre, puis on fait communiquer la cloche avec l'appareil à oxygène, et l'expérience commence.

C'est à l'aide de ces procédés d'expérimentation que Regnault et Reiset sont parvenus *notamment* à déterminer : 1° la quantité d'oxygène consommé en un temps donné ; 2° la quantité d'acide carbonique exhalé dans le même temps; 3° les variations éprouvées par la quantité d'azote contenue dans l'air de l'appareil.

Jamais il n'avait été tenté de plus grands efforts pour appliquer avec rigueur les sciences physiques à l'exploration des phénomènes de la vie ; et l'on doit dire, à l'honneur de ces savants physiciens, que jamais non plus, dans l'analyse des gaz de l'expiration, un si haut degré de précision n'avait été atteint.

En terminant, nous croyons utile de rappeler comment, dans leur conscien-

cieux travail, Regnault et Reiset ont formulé leurs résultats ; on en pourra juger par l'exemple suivant (1) que je prends au hasard :

« *Chien* A, au terme de sa croissance : il pèse 6393 grammes avant l'expérience. L'animal était nourri à la viande depuis plusieurs jours; on ne lui donne pas de nourriture dans la cloche. *Durée de l'expérience*, 24 heures 30 minutes. Température = 22°.

Composition du gaz à la fin de l'expérience.

	Gram.
Acide carbonique	3,01
Oxygène	17,42
Azote	79,57
	100,00

Excès de la pression finale sur la pression initiale + 5^{mm},91.

	Gram.
Poids de l'oxygène consommé	182,288
Poids de l'acide carbonique produit	185,961
Poids de l'oxygène contenu dans l'acide carbonique	135,244
Poids de l'azote exhalé	0,182
Rapport entre le poids de l'oxygène contenu dans l'acide carbonique et le poids de l'oxygène consommé	0,742
Rapport entre le poids de l'azote exhalé et celui de l'oxygène consommé	0,0010
Poids de l'oxygène consommé *par heure*	7,440
Poids de l'oxygène consommé, *en une heure*, par *un kilogramme* de l'animal	1,164

IX. — Les faits nombreux qui ont été analysés dans les pages précédentes nous ont appris que, chez les animaux, la respiration, envisagée au point de vue chimique, consiste dans les phénomènes suivants : 1° absorption d'oxygène; 2° exhalation d'acide carbonique; 3° dégagement d'une certaine quantité d'azote, au moins chez les animaux supérieurs soumis à leur régime habituel et normal ; 4° exhalation de vapeur d'eau. De plus, nous avons vu que la quantité d'oxygène absorbé dans un temps donné, par un animal, ne se retrouve pas tout entière dans l'acide carbonique qu'il exhale dans ce même temps : par conséquent, on ne saurait considérer l'oxygène comme employé seulement à brûler du carbone ou à former de l'acide carbonique, et l'on est ainsi conduit à admettre, avec Lavoisier, qu'il sert encore à la production d'une certaine quantité d'eau. — La nature des altérations que la respiration fait subir à l'air est donc bien démontrée : les animaux empruntent au milieu ambiant de l'oxygène libre qui attaque les matériaux ternaires et quaternaires de l'organisme ; puis ils exhalent de l'acide carbonique et de l'eau comme résultat des combustions respiratoires, et de plus une faible quantité d'azote qui provient, soit de la destruction complète d'une certaine proportion des substances azotées du sang, soit d'une simple transformation des matières alimentaires azotées en produits ternaires. Comme, d'ailleurs, un animal peut conserver le même poids, tout en accomplissant les précédentes réactions,

(1) *Mém. cit.*, 27^{e} expérience.

il faut bien admettre que le carbone, l'hydrogène et l'azote, perdus par les surfaces respiratoires, sont sans cesse renouvelables par les aliments ingérés.

Telle est l'idée générale qu'on peut se faire de la respiration chez les animaux. Mais on ne saurait s'en tenir là, et nous avons dû tenter d'évaluer l'intensité des phénomènes en recherchant les quantités d'oxygène absorbé, d'acide carbonique, de vapeur d'eau et d'azote exhalés, en un temps donné, par l'homme ou par telle espèce animale prise pour exemple. A cet égard, nous sommes arrivé à une conclusion uniforme, c'est-à-dire que, même en prenant une seule espèce dans les conditions qui lui sont le plus habituelles, il est impossible d'observer aucune constance dans la quantité des produits consommés ou exhalés. Les phénomènes chimiques de la respiration sont, en effet, d'une extrême variabilité, et, pour en mesurer l'intensité, il faut, après avoir établi entre quelles limites se tiennent les phénomènes normaux, chez l'homme par exemple, étudier successivement l'action des causes nombreuses qui, influant sur l'activité de la respiration, augmentent ou diminuent la consommation de l'oxygène, la production de l'acide carbonique, de l'azote et de la vapeur d'eau. Telle est l'étude qui nous reste à poursuivre, et qui d'ailleurs nous servira à compléter utilement l'exposé des altérations que la respiration des animaux fait subir au milieu ambiant.

Les causes qui font varier l'intensité des phénomènes chimiques de la respiration sont tellement nombreuses, que les physiologistes ne sauraient se flatter de les connaître toutes.

L'espèce animale ; — la taille et le poids du corps de l'individu ; — l'âge et le sexe ; — l'état de plénitude ou de vacuité de l'estomac ; — le régime alimentaire ; — l'insuffisance de l'alimentation, l'inanition ; — l'état de repos ou de travail physique ou intellectuel ; — l'état de veille ou de sommeil ; — l'engourdissement hibernal propre à certains animaux ; — la constitution chimique du milieu ambiant ; sa température ; son état hygrométrique ; — les variations de la pression extérieure ; — le nombre et la profondeur des inspirations ; — divers états pathologiques : — telles sont les conditions et les causes dont l'influence sur l'activité respiratoire a été plus ou moins exactement étudiée par les observateurs.

A. — Si l'on compare les produits de la respiration, *dans des espèces animales différentes*, c'est pour apprécier dans quelle mesure l'organisation et les habitudes particulières à chaque espèce exercent leur influence. Il est une cause modificatrice dont l'action devra être étudiée à part et que nous écarterons pour le moment ; nous voulons parler de la quantité de matière organique que peut contenir chaque espèce, dans un de ses individus, et qui s'évalue par le poids de l'animal.

Le problème doit donc être posé à peu près en ces termes : — Pour des *poids égaux* et dans des circonstances aussi identiques que possible, quelles sont, chez diverses espèces animales, les quantités d'oxygène consommé, d'acide carbonique, de vapeur d'eau et d'azote exhalés ; — quels sont aussi, dans une même espèce, les rapports existant entre ces divers phénomènes ; — et quelles variations subissent ces rapports selon chaque espèce ?

Il est peu de questions physiologiques qui aient été étudiées d'une manière aussi large et par autant d'observateurs. Les expériences de V. Regnault et Reiset nous ayant paru être celles qui ont fourni les résultats les plus nombreux et les plus exacts, nous avons cru devoir réunir, dans le tableau suivant, les nombres que le calcul

nous a donnés, en ramenant ces résultats à ce qu'ils seraient *pour une heure de temps et un kilogramme du poids de chaque espèce animale.* Toutefois nous avons jugé à propos de ne pas introduire dans nos calculs certaines expériences des mêmes auteurs, lorsqu'elles s'éloignaient des circonstances dans lesquelles vit ordinairement l'espèce.

TABLEAU *des phénomènes chimiques de la respiration, calculé pour une heure de durée, et un kilogramme de chaque espèce animale, d'après les expériences de* V. Regnault *et* J. Reiset *sur des animaux appartenant à diverses classes* (*).

NOMS DES ESPÈCES.	Poids de L'OXYGÈNE absorbé.	Poids de L'ACIDE CARBONIQUE exhalé.	Poids de L'AZOTE exhalé.	Rapport du poids de l'oxygène absorbé à celui de l'oxygène que contient l'acide carbonique exhalé.	Rapport du poids de l'oxygène absorbé à celui de l'azote exhalé.
Mammifères.					
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
Lapins (moyenne de 5 expériences)....	0,883	1,109	0,0042	0,916	0,0047
Chiens (moyenne de 7 expériences)....	1,183	1,195	0,0078	0,745	0,0066
Marmottes (moyenne de 2 expériences).	0,986	1,016	0,0093	0,741	0,0094
Moyennes...	1,014	1,106	0,0071	0,800	0,0065
Oiseaux.					
Poules (moyenne de 6 expériences)....	1,035	1,368	0,0076	0,980	0,0074
Canard (l'animal un peu souffrant).....	1,850	2,126	0,0000	0,892	0,0000
Verdiers (moyenne de 2 expériences)..	11,371	11,334	0,2456	0,725	0,0216
Bec-croisé	10,974	11,030	0,0000	0,796	0,0000
Moineaux	9,595	10,583	0,0089	0,795	0,0093
Moyennes...	6,965	7,468	0,0524	0,833	0,0076
Reptiles.					
Lézards........................	0,1916	0,1978	0,0041	0,752	0,0130
Grenouilles (moyenne de 4 expériences).	0,0900	0,0910	0,0000	0,741	0,0000
Salamandres.....................	0,0850	0,1130	0,0000	0,824	0,0000
Moyennes...	0,1222	0,1339	......	0,773	......
Insectes.					
Hannetons (moyenne de 2 expériences).	1,019	1,136	0,0087	0,808	0,0081
Annélides.					
Vers de terre	0,1013	0,1078	0,0007	0,776	0,0068
Moyennes générales...	3,0219	3,2544	0,0223	0,805	0,0060

(*) On sera peut-être désireux de savoir quelles sont les expériences qui nous ont servi à dresser le précédent tableau; nous allons les indiquer par les numéros d'ordre qu'elles portent dans le Mémoire de Regnault et Reiset:

Mammifères : expériences 16e, 17e, 18e, 20e, 22e, 27e, 28e, 29e, 30e, 31e, 32e, 34e, 39e et 42e. — *Oiseaux :* expériences 44e, 45e, 47e, 48e, 49e, 50e, 65e et 66e. — *Reptiles :* expériences 70e, 71e, 72e et 73e. — Quant aux *Insectes*, il n'est question, dans ce tableau, ni de leurs larves, ni de leurs chrysalides, attendu qu'en ce moment nous n'avons en vue que des animaux adultes.

L'examen de ce tableau conduit à quelques conclusions générales dont nous avons déjà donné en partie l'énoncé, mais que nous rappellerons ici sous une autre forme, en les complétant d'après les nombres que nous venons d'établir.

— A poids égal et pour une égale durée, la respiration des *Oiseaux* est de beaucoup la plus active comparativement à celle des autres espèces étudiées : en consultant les moyennes partielles qui se rapportent à chaque classe, on voit, par exemple, que les quantités d'oxygène absorbé, d'acide carbonique et d'azote exhalés, ont été environ sept fois plus grandes chez les Oiseaux que chez les Mammifères.

— La respiration des *Vertébrés à sang chaud* est notablement plus active que celle des *Vertébrés aériens à sang froid :* ainsi, dans les expériences dont il s'agit, l'absorption et le dégagement des gaz de la respiration, chez les *Mammifères*, ont été, en moyenne, à peu près dix fois plus intenses que chez les *Reptiles*.

— Tandis que, sous le rapport de la quantité de ses produits, la respiration des *Insectes* a entièrement concordé avec celle des Mammifères (comme on pouvait le pressentir d'après l'activité physiologique de ces invertébrés) ; au contraire, sous le même rapport, la respiration des *Vers de terre* s'est beaucoup rapprochée de celle des Reptiles.

— L'examen de l'avant-dernière colonne du tableau précédent démontre que, dans aucune de ces expériences, la totalité de l'oxygène absorbé n'a été employée à produire exclusivement de l'acide carbonique : chez les Mammifères, 0,200 environ de cet oxygène se sont unis à de l'hydrogène provenant de l'organisme ; chez les Oiseaux, la quantité d'oxygène ainsi convertie en vapeur d'eau ne s'est élevée, en moyenne, qu'à 0,167 de la quantité d'oxygène absorbé ; chez les Reptiles, elle a été, au contraire, de 0,227.

— Quant à l'exhalation de l'azote, lorsqu'elle a eu lieu, elle s'est montrée dans des proportions très variables. Quelquefois elle a été nulle. Dans quatre expériences faites sur des grenouilles, deux fois on a observé, au lieu d'un dégagement d'azote, une absorption de ce gaz.

— Vient-on à comparer entre eux les nombres qui, pour les diverses espèces, expriment le rapport du poids de l'oxygène contenu dans l'acide carbonique à celui de l'oxygène consommé, et le rapport entre le poids de l'azote exhalé et celui de l'oxygène absorbé, on arrive à cette conclusion que si, dans les diverses espèces zoologiques, les *quantités absolues* des produits de la respiration varient d'une manière sensible, il n'y a que d'assez faibles différences dans les *quantités relatives* de ces produits rapportées au poids d'oxygène consommé.

— La respiration animale, d'après les expériences que nous résumons ici, consisterait, en moyenne, dans une absorption d'oxygène variant de 10 grammes environ à 0gr,09, par heure et pour un kilogramme de matière vivante : or, cet oxygène se transformerait en acide carbonique et en eau, dans la proportion de 0,800 combinés avec le carbone et de 0,200 avec l'hydrogène ; enfin, dans les circonstances les plus habituelles, une exhalation d'azote, représentant à peu près les 0,006 du poids de l'oxygène consommé, compléterait la somme des produits gazeux de la respiration.

Il est regrettable que, dans les recherches de Regnault et Reiset, les dimensions de l'appareil employé n'aient pas permis d'étudier la respiration chez quelques

animaux de grande stature. — Les expériences de Boussingault (1), et celles qu'on entreprises d'autres observateurs d'après la *méthode indirecte* imaginée par c savant, fournissent, à ce sujet, plusieurs données dignes d'intérêt et des résultat utilement comparables à ceux qu'on doit à la *méthode directe.*

Évaluation des phénomènes chimiques de la respiration (suivant les espèces), *pou une heure et un kilogramme, calculée d'après les données fournies par la* MÉTHOD INDIRECTE.

NOMS DES ESPÈCES.	OXYGÈNE absorbé.	ACIDE CARBONIQUE exhalé.	AZOTE exhalé.	Rapport du poids de l'oxygène contenu dans l'acide carbonique exhalé au poids de l'oxygène absorbé.	Rapport du poids de l'azote exhalé à celui de l'oxygène absorbé.
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
CHEVAL (expérience de Boussingault) (1).	0,553	0,755	0,0019	0,974	0,0035
VACHE (id.)	0,460	0,614	0,0020	0,969	0,0044
MOUTON (expérience de Jörgensen) (2)...	0,767	1,123	0,0027	1,063	0,0035
MOUTON (3 expériences de Barral) (3)..	0,774	1,104	0,0097	1,037	0,0125

Si l'on rapproche ce tableau de celui de la page 556, on est frappé de certaine différences qui font comprendre combien il était utile de placer, à côté des résultat numériques obtenus sur des mammifères carnassiers ou rongeurs, des nombres s rapportant à des espèces exclusivement herbivores. L'influence du régime, qu nous n'étudions pas encore en ce moment, se traduit tout d'abord par ces diffé rences mêmes. Mais, en outre, si l'on réunit les nombres qui concernent tous le mammifères figurant dans les deux tableaux, on arrive, pour les moyennes de phénomènes respiratoires chez ces animaux, aux chiffres suivants : *quantit moyenne* d'oxygène absorbé (par kilogramme pendant une heure), 0gr,826 d'acide carbonique exhalé, 1gr,003 ; d'azote exhalé, 0gr,0111.

Ce dernier tableau révèle un autre fait qui mérite de fixer l'attention. Jus qu'ici nous avions toujours vu l'oxygène contenu dans l'acide carbonique exhal ne représenter qu'une partie du poids total de l'oxygène absorbé ; le surplus s combinant avec de l'hydrogène, d'après Lavoisier. Dans quatre expériences due à deux observateurs différents, un résultat inverse a été obtenu chez un Mouton le poids de l'oxygène contenu dans l'acide carbonique, bien loin d'être inférieu au poids total de l'oxygène absorbé, lui a été notablement supérieur. Faut-il don admettre que, chez les animaux dont l'alimentation herbacée fournit une quantit considérable de carbone à l'organisme, non-seulement la *totalité* de l'oxygèn atmosphérique absorbé sert à convertir ce carbone en acide carbonique, mai encore qu'un excédant d'oxygène provenant des aliments eux-mêmes complèt

(1) *Économie rurale.* Paris, 1851, t. II, p. 381 et suiv.
(2) Citée par BOUSSINGAULT, *loc. cit.*
(3) *Statique chimique des animaux*, p. 308 et suiv. Paris, 1850.

le phénomène? Sans doute on ne peut décider une question si délicate d'après un aussi petit nombre de faits. Il est bon toutefois de rappeler que Regnault et Reiset ont eu également occasion d'observer une pareille disproportion entre l'acide carbonique exhalé et l'oxygène absorbé : dans leur 50e expérience (sur une poule nourrie à l'avoine), le rapport entre le poids d'oxygène contenu dans l'acide carbonique et celui de l'oxygène absorbé a été, 1,024 ; dans la 92e expérience (sur un lapin nourri avec du pain et placé dans une atmosphère d'oxygène, d'hydrogène et d'azote), ce rapport a été de 1,012. Ainsi, là encore l'acide carbonique exhalé contenait plus d'oxygène que l'animal n'en avait puisé dans l'atmosphère par la respiration : il n'est donc pas impossible, nous le répétons, que l'oxydation du carbone, qui habituellement se fait seulement aux dépens d'une portion de l'oxygène absorbé par les voies aériennes, consomme non-seulement tout cet oxygène, mais encore une partie de celui que renferment les aliments. Assurément ce n'est pas là un fait ordinaire, et personne n'oserait avancer que ce soit un phénomène normal de la respiration dans l'espèce ovine ; aussi ce point réclame-t-il de nouvelles expériences.

Tous les faits que nous venons de rapporter appartiennent à des espèces animales qui vivent dans l'air. Quant à la respiration des espèces aquatiques, la science ne possède encore que bien peu de documents dignes de confiance. Si le mémoire d'Alex. de Humboldt et Provençal (1), qui est presque le seul qu'on puisse citer à cette occasion, fait connaître les phénomènes généraux de la respiration des poissons, il est loin de fournir les données indispensables pour une étude comparative et rigoureuse de ces phénomènes d'une espèce à une autre. On peut seulement en conclure que la respiration des poissons se rapproche surtout de celle des grenouilles et des salamandres.

B. — L'*influence de la taille* sur les phénomènes chimiques de la respiration ressort déjà de l'examen des travaux mentionnés dans le précédent paragraphe : il paraît être établi que *les animaux d'une même classe ont une respiration d'autant plus active, que leur taille est plus petite*. Regnault et Reiset, en formulant cette proposition comme une des conclusions de leurs savantes recherches, ont aussi cherché à expliquer le fait qu'elle exprime : les animaux d'une même classe ont en général une même température intérieure; or, les petites espèces présentant, pour un poids donné, une surface tégumentaire relativement plus grande, subissent par cela même une transpiration cutanée plus active ; il faut donc, pour combattre l'effet de cette cause de refroidissement, que chez eux les phénomènes respiratoires aient beaucoup plus d'intensité. On aurait pu penser que ces phénomènes devraient montrer une intensité proportionnelle au poids de l'animal ; mais, en réalité, cela ne pourrait avoir lieu que si, des grandes espèces aux petites, la surface extérieure décroissait dans la même proportion que le poids. Cette condition ne se réalise pas, et, en général, *la surface du corps diminue bien moins vite que le poids;* d'où résulte nécessairement un fait tout opposé à celui qu'on aurait pu croire, une plus grande intensité de respiration dans les petites espèces.

(1) *Mém. de la Soc. d'Arcueil*, t. II, p. 359.

Les nombres donnés plus haut établissent cette proposition générale. On pourrait en citer encore d'autres qui, émanés d'observateurs différents, conduisent à la même conclusion. Selon Letellier (1), des tourterelles et des crécerelles pesant en moyenne 159gr,1, ont exhalé, par kilogramme et par heure, 4gr,581 d'acide carbonique; tandis que des serins, des verdiers, des moineaux, pesant en moyenne 28gr,4, ont exhalé, par kilogramme et par heure, 13gr,034 de ce gaz. Ainsi, d'après ces expériences, les petits oiseaux, à poids égal et en un même temps, auraient une respiration environ trois fois plus active que celle d'oiseaux de taille moyenne. Regnault et Reiset, en comparant les petits oiseaux à des poules, avaient trouvé que l'activité respiratoire était, chez eux, décuple de celle qui est propre à ces gallinacés. Letellier a vu encore que, *par kilogramme et par heure*, l'exhalation de l'acide carbonique était de 2gr,526 chez les cochons d'Inde, et de 16gr,711 chez les souris; c'est une activité huit fois plus grande pour ces dernières. D'après Boussingault, un cheval n'en exhalerait que 0gr,755, ce qui suppose pour cet animal une respiration vingt et une fois moins intense que pour la souris.

C. — L'*influence de l'âge et du sexe* a surtout été étudiée dans l'espèce humaine. Quelques faits seulement tendent à établir que les conséquences de ces causes modificatrices sont analogues chez l'homme et chez les animaux.

La respiration de l'homme serait moins active dans l'enfance que dans l'âge adulte, atteindrait son maximum d'intensité vers *trente ans*, et diminuerait ensuite graduellement jusqu'à la fin de la vie.

C'est sur les belles études que renferme le travail déjà cité d'Andral et Gavarret (2) que se fonde cette loi physiologique. Ces auteurs ont pris pour mesure de l'intensité de la respiration la quantité de carbone consommé dans la respiration par des individus de divers âges, et toujours placés dans les mêmes conditions (*). — Andral et Gavarret ont trouvé que les garçons, de huit à quinze ans, consomment en moyenne 7gr,42 de carbone *en une heure;* que, de quinze à vingt, cette consommation s'élève à 10gr,76; que, *pour des hommes âgés de vingt à trente ans*, elle est de 12gr,15; puis, qu'entre trente et quarante, elle se maintient à 11 grammes. D'après les mêmes observateurs, la consommation de carbone s'était réduite à 9gr,17, entre quarante et cinquante ans, chez un sujet qui était très grêle, les trois autres ayant donné une moyenne de 10gr,53. De cinquante à soixante, les sujets mis en expérience fournirent, en moyenne, 11gr,07; et de soixante à soixante et dix ans, 10gr,23. Chez un vieillard de soixante et seize ans, la consommation de carbone fut de 6 grammes par heure, et, chez un autre âgé de quatre-vingt-douze ans, de 8gr,8; enfin, chez un centenaire (cent deux ans), elle ne fut que de 5gr,9.

Andral et Gavarret n'ayant pas fait connaître le poids des individus observés, on ne peut déduire de leurs expériences la consommation de carbone pour un kilogramme du poids du corps. Pourtant, dans la série des âges à laquelle s'étendent leurs observations, le poids du corps varie tellement, que cet élément est, il faut

(1) *Ann. de chim. et de phys.*, 3e série, t. XIII, p. 478.

(2) *Recherches sur la quantité d'acide carbonique exhalé par le poumon dans l'espèce humaine* (*Ann. de chim. et de phys.*, 3e série, 1843, t. VIII, p. 129).

(*) Il importe de se rappeler que la combustion d'*un gramme* de carbone produit 3gr,66 de gaz acide carbonique.

en convenir, d'un assez grand intérêt dans la question. Gavarret (1) a démontré plus tard, il est vrai, que les variations de poids amenées par l'âge ne coïncident pas avec celles de l'activité respiratoire, et ne peuvent suffire à les expliquer; mais, suivant Milne Edwards (2), qui invoque les observations statistiques de Quetelet (3), on serait conduit, en calculant d'après la loi d'accroissement du poids, à placer le maximum de la puissance respiratoire à un âge moins avancé que ne l'admettent Andral et Gavarret. — Les observations de Scharling (4) donnent l'indication du poids des sujets, et l'on peut en déduire, par exemple, qu'un enfant âgé de neuf ans a consommé, *par kilogramme et par heure*, 0gr,25 de carbone; tandis que des adultes, de vingt-huit à trente-cinq ans, n'en ont consommé que 0gr,12 en moyenne.

Quoi qu'il en soit, les conclusions d'Andral et Gavarret ne sont pas en désaccord avec les faits constatés par divers expérimentateurs *dans les espèces animales*. Le travail de Regnault et Reiset (5), en particulier, renferme plusieurs expériences desquelles il résulte que, chez les animaux observés, la puissance respiratrice augmente depuis la naissance jusqu'aux premiers temps de l'âge adulte. Seulement il faut savoir qu'au moment même de leur naissance et un peu au delà, les animaux à sang chaud présentent une remarquable inertie de la respiration, fonction qui, plus tard, acquerra chez eux une si grande activité : le mammifère nouveau-né ou l'oiseau récemment sorti de l'œuf, se rapprochent des vertébrés à sang froid par la résistance que l'un et l'autre opposent à l'asphyxie. Ce fait, déjà reconnu par Rob. Boyle, Méry, Haller et Buffon, a été vérifié plus tard par Legallois et par W. Edwards, dont nous exposerons les recherches en nous occupant ultérieurement des effets de la suspension de la respiration (*).

La *différence des sexes* semble aussi exercer une certaine influence sur l'intensité des phénomènes respiratoires. Suivant Scharling (6), chez une fille âgée de dix ans, la consommation du carbone dans la respiration était, *par kilogramme et par heure*, de 0gr,22, et, chez un garçon de neuf ans, elle s'élevait à 0gr,25; de telle sorte que le sexe mâle paraît avoir une respiration plus intense. Andral et Gavarret avaient déjà constaté le même fait dans leurs expériences; le tableau suivant résume leurs résultats à cet égard :

(1) *De la chaleur produite par les êtres vivants*, p. 349.
(2) *Leçons sur la physiologie et l'anatomie comparée de l'homme et des animaux*, t. II, 2e partie, p. 563.
(3) *Sur l'homme et le développement de ses facultés*. Bruxelles, 1835, t. II, p. 16.
(4) *Ann. de chim. et de phys.*, 3e série, t. VIII, p. 486.
(5) *Ibid.*, t. XXVI, p. 299.
(*) Voir plus loin le chapitre intitulé : EFFETS DE LA SUSPENSION DE LA RESPIRATION.
(6) *Loc. cit.*

Quantité moyenne de carbone consommé en une heure par la respiration dans l'espèce humaine.

AGES.	SEXE MASCULIN.	SEXE FÉMININ.
	gr.	gr.
De 8 à 15 ans	7,42	6,40
15 à 20	10,76	6,65
20 à 30	12,15	6,33
30 à 40	11,00	7,00
40 à 50	10,53	8,08
50 à 60	11,07	7,30
60 à 70	10,23	6,85

L'examen de ce tableau démontre donc que, conformément aux conclusion de Gavarret et Andral, la respiration est en effet plus active dans le sex masculin. Mais, pour arriver à une série de résultats dont la précision n'aurai plus guère laissé à désirer, il eût fallu, nous l'avons dit, tenir compte du poid des sujets mis en expérience.

Le fait le plus curieux découvert par Andral et Gavarret, est l'influence de l période de la vie où s'opère la *menstruation* sur l'intensité des phénomènes chi miques de la respiration chez la femme; il en sera parlé plus loin.

Les données précédentes font plutôt pressentir l'influence des sexes sur la res piration qu'elles ne permettent de la formuler avec précision; et, si l'on ajout qu'on ne peut, dans l'état actuel des recherches physiologiques, citer aucune ob servation de ce genre sur les animaux, il devient manifeste que c'est là encore un question incomplétement résolue où existe une de ces nombreuses lacunes qu'i est aisé de signaler à l'attention, mais qu'il est fort difficile de combler.

L'étude, telle qu'elle vient d'être faite, des modifications de la fonction respi ratoire sous l'influence du sexe et de l'âge, est loin en effet de remplir le pro gramme que comporterait une pareille question. Nous avons en quelque sorte ét contraint de prendre pour mesure de l'intensité des phénomènes respiratoires l quantité de carbone consommé; mais, en définitive, que nous apprend une obser- vation ainsi limitée? Sans doute il est permis d'en conclure quelque chose en c qui concerne la consommation d'oxygène, attendu que le rapport de la quantit d'oxygène contenu dans l'acide carbonique exhalé à la quantité d'oxygène absorb est assez fixe dans l'espèce humaine; mais nous restons dans une ignorance com plète touchant les modifications de la transpiration pulmonaire et de l'exhalatio d'azote. Il convient même de faire observer que le rapport entre la quantité d'oxy- gène qui s'unit au carbone et la quantité d'oxygène inspiré doit varier suivant le âges et les sexes : les expériences précédentes ne peuvent pas nous renseigner su toutes ces questions, et l'étude de ces influences attend une nouvelle série de re cherches concernant l'homme et quelques espèces animales.

Nous aurions encore à faire des remarques analogues pour plusieurs des pro- blèmes qui nous restent à aborder dans ce chapitre. Si donc le lecteur regrette d

ne pas trouver dans cette partie de notre ouvrage la solution de toutes les questions qui y sont traitées, c'est qu'elle n'existe pas dans l'état actuel de la science.

D. — Il est un certain nombre de circonstances toutes physiologiques dont l'action sur les phénomènes chimiques de la respiration ne saurait être contestée, et qu'il n'est pas sans intérêt de passer en revue.

1° — Dès ses premiers travaux, Lavoisier avait recherché quelle était comparativement la quantité d'oxygène absorbé par un homme *à jeun*, ou par ce même homme *pendant la digestion*. Nous mentionnerons rapidement les résultats de ses expériences à ce sujet :

Un homme *à jeun* et au repos, par une température moyenne de 32°,5, consomme, *par heure*, 24^{lit},002 d'oxygène.

Le même individu, *pendant la digestion* et au repos, consomme, par heure, 37^{lit},689 d'oxygène.

Le même homme *à jeun*, accomplissant le travail nécessaire pour élever, en quinze minutes, un poids de 7^{kil},349 à une hauteur de 199^{m},776, consomme, par heure, 63^{lit},477 d'oxygène.

Enfin, la même personne, *pendant la digestion* et l'accomplissement du même travail, consomme, par heure, 91^{lit},248 d'oxygène.

Spallanzani (1) a démontré que, chez des colimaçons *à jeun* depuis longtemps, la production d'acide carbonique représente seulement les deux tiers de celle qu'on observe chez d'autres colimaçons qui, d'abord soumis au même jeûne, viennent de faire un copieux repas. Storg (2) sur divers insectes, Boussingault (3) sur des tourterelles, ont aussi constaté une notable accélération du travail chimique de la respiration, après l'ingestion des aliments. — Vierordt (4), dans de nombreuses expériences faites sur lui-même, a positivement reconnu que l'exhalation d'acide carbonique, qui diminue sous l'influence du jeûne, augmente rapidement après les repas : ainsi un jour, ayant observé qu'à midi il dégageait 270 centimètres cubes d'acide carbonique *par minute*, il resta à jeun, ce même jour, jusqu'à deux heures, et alors l'exhalation de ce gaz n'était plus que de 258 centimètres cubes; mais, une autre fois, exhalant 258 centimètres cubes du même gaz à midi, il fit un repas à midi et demi, et, à deux heures, l'exhalation atteignait le chiffre de 295 centimètres cubes par minute. Le phénomène avait donc diminué, sous l'influence du jeûne, environ dans la proportion de 22 à 21 ; après le repas, il avait au contraire augmenté dans la proportion de 21 à 24. — Valentin (5) rapporte de semblables expériences qui conduisent aux mêmes conclusions. — Scharling (6) admet également, comme résultat de ses propres recherches, que l'homme rassasié consomme plus de carbone que l'homme à jeun : les différences observées sur divers individus montrent ici l'exhalation de l'acide carbonique augmentant après les repas dans la proportion de 24 à 33, de 27 à 38 ; chez un enfant de neuf ans, cette augmen-

(1) SENEBIER, *Rapports de l'air avec les êtres organisés*, t. II, p. 434.
(2) *Disquis. physiol. circa respirat. insect. et verm.* Rudolstadt, 1805.
(3) *Ann. de chim. et de phys.*, 1844, 3e série, t. XI, p. 448.
(4) *Physiol. des Athmens*, Karlsruhe, 1845, et *Handwörterbuch der Physiol.* de R. WAGNER, t. II, p. 828.
(5) *Lehrb. der Physiol.*, 1847, Bd. I, p. 584.
(6) *Loc. cit.*

tation eut même lieu dans la proportion beaucoup plus considérable de 16 à 24. Plus récemment, enfin, Horn (1) est venu confirmer ces résultats par ses propres observations.

Il paraît donc bien hors de doute que l'ingestion des aliments augmente à la fois l'absorption de l'oxygène et le dégagement de l'acide carbonique; quant à l'azote exhalé et aux rapports existant entre ces divers phénomènes, on n'a pas d'expériences suffisantes qui autorisent à formuler une opinion sur la manière dont ils peuvent être modifiés en pareil cas.

2° — Après avoir établi l'influence de l'état de plénitude ou de vacuité de l'estomac sur l'intensité du travail respiratoire, nous sommes naturellement amené à examiner comment se modifie ce même travail lorsque le jeûne est porté jusqu'à l'*inanition.* Les documents que l'on possède sur ce point sont plus ou moins complets, et d'ailleurs assez nombreux pour obliger à en faire un choix et à ne s'attacher qu'aux plus importants. On comprend sans peine que des expériences de ce genre aient dû être faites sur les espèces animales plutôt que sur l'homme.

Marchand (2) a étudié, chez des grenouilles, l'*influence de l'inanition* sur l'absorption de l'oxygène et l'exhalation de l'acide carbonique. Dans trois séries d'expériences, ces deux phénomènes, évalués pour un jour et pour un kilogramme du poids des animaux, ont varié de la manière suivante :

Observations de Marchand *sur des grenouilles. — Absorption d'oxygène et exhalation d'acide carbonique pour un kilogramme du poids de ces reptiles, pendant vingt-quatre heures.*

DURÉE DU JEUNE.	ABSORPTION D'OXYGÈNE		EXHALATION D'AC. CARBONIQ.	
	avant le jeûne.	après le jeûne.	avant le jeûne.	après le jeûne.
	gr.	gr.	gr.	gr.
31 jours (12 juillet-12 août)....	1,989	1,468	0,589	0,448
36 jours (4 juillet-9 août)......	2,580	1,705	0,802	0,552
48 jours (24 juin-11 août).....	3,980	0,956	1,260	0,350

Boussingault (3), ayant soumis à l'inanition deux tourterelles, a observé directement les quantités de carbone consommé *en une heure* par ces oiseaux, à divers moments de la période d'inanition.

(1) *Gazette médicale de Paris*, 1850, p. 902.
(2) *Journ. für praktische Chemie*, von Erdmann und Marchand, 1844, t. XXXIII, p. 129.
(3) *Ann. de chim. et de phys.*, 1844, 3e série, t. XI, p. 448.

Observations de Boussingault *sur deux tourterelles — Consommation de carbone en une heure.*

ÉPOQUES DE L'OBSERVATION.	CONSOMMATION DE CARBONE		QUANTITÉS CORRESPONDANTES D'ACIDE CARBONIQUE	
	de jour.	de nuit.	de jour.	de nuit.
Première tourterelle.				
	gr.	gr.	gr.	gr.
Nourrie au millet..........	0,255	0,162	0,935	0,594
Après 24 heures d'inanition..	0,114	»	0,417	»
3 jours.............	0,124	»	0,454	»
4 jours.............	»	0,072	»	0,263
5 jours.............	0,113	»	0,413	»
Deuxième tourterelle.				
Après 11 heures d'inanition..	»	0,095	»	0,348
36 heures...........	»	0,073	»	0,267
48 heures...........	0,114	»	0,417	»
60 heures...........	»	0,065	»	0,238
84 heures...........	»	0,077	»	0,282
96 heures...........	0,121	»	0,443	»
108 heures...........	»	0,077	»	0,282

Le même observateur a donné suite à ses recherches en étudiant l'influence du retour de l'alimentation chez ces oiseaux après un jeûne prolongé. Une tourterelle, qui, pendant le jour et dans les circonstances normales, consommait *par heure* 0gr,232 de carbone, fut mise à même, après neuf jours d'inanition, de se nourrir à discrétion : au bout d'un jour d'alimentation, la consommation de carbone n'était que de 0gr,168 ; après trois jours, elle s'éleva à 0gr,206 ; puis, au quatrième jour, elle était de 0gr,249, et le cinquième, de 0gr,259. Mais, le douzième jour, elle redescendit à 0gr,250 pour revenir peu à peu à la quantité initiale.

Bidder et Schmidt (1) ont mesuré l'exhalation de l'acide carbonique chez un chat *(en état d'inanition)*, qui ne mourut qu'après dix-huit jours.

Observations de Bidder *et* Schmidt *sur un chat. — Exhalation d'acide carbonique par heure.*

	Gram.
Moyenne des 5 premiers jours..........................	1,878
des 5 jours suivants..........................	1,573
du 11e au 15e jour..........................	1,455
Le 16e jour..	1,281
Le 17e jour..	1,165
Le 18e jour..	0,921

On doit à Regnault et Reiset (2) des données intéressantes touchant les effets de l'abstinence sur l'absorption ou le dégagement des *divers gaz* de la respiration :

(1) *Die Verdauungssäfte und der Stoffwechsel*, p. 318. Mitau, 1852.
(2) *Loc. cit.*, expér. 21e, 23e, 37e, 51e, 54e, 59e.

Observations de Regnault *et* Reiset. — *Nombres calculés pour une heure d'expérience.*

ESPÈCES.	CONDITIONS DE L'EXPÉRIENCE.	OXYGÈNE absorbé.	ACIDE CARBONIQUE exhalé.	AZOTE exhalé.	AZOTE absorbé.
		gr.	gr.	gr.	gr.
Lapin pesant 3648 gr.	nourri avec des carottes....	3,124	3,648	0,0253	»
	à jeun depuis 30 heures...	2,518	2,342	0,0129	»
Lapin pesant 4048 gr.	nourri avec des carottes...	3,590	4,753	0,0166	»
	à jeun depuis 30 heures...	2,731	2,656	0,0244	»
Chien pesant 6145 gr.	nourri avec de la pâtée au pain	6,591	8,545	0,0529	»
	à jeun depuis 38 heures...	5,054	5,092	»	0,0309
Poule pesant 1599 gr.	nourrie à l'avoine........	1,775	2,498	0,0192	»
	à jeun depuis 30 heures...	1,269	1,239	»	0,0394
Poule pesant 1021 gr.	nourrie au grain.........	1,512	1,625	0,100	»
	à jeun depuis 24 heures...	1,044	0,918	»	0,0079
Poule pesant 1015 gr.	nourrie au pain..........	1,485	1,993	0,0221	»
	à jeun depuis 24 heures...	1,047	0,922	0,0002	»

Les conclusions à tirer des travaux qui viennent d'être mentionnés sont assez évidentes. — L'inanition, qui en général diminue l'activité des phénomènes respiratoires, n'agit pas également sur tous : l'absorption de l'oxygène a lieu en moindre proportion qu'à l'état normal, mais l'exhalation de l'acide carbonique subit une diminution plus notable encore ; d'où il semble résulter que l'animal, à l'état d'inanition, brûle une plus forte proportion d'hydrogène que dans les conditions ordinaires. — L'exhalation de l'azote diminue très sensiblement aussi sous l'influence de la privation d'aliments ; parfois elle devient nulle ou presque nulle, et d'autres fois même elle est remplacée par une absorption d'azote s'élevant à des quantités à peu près équivalentes à celles qui représentent l'exhalation normale de ce gaz. — Les expériences de Boussingault notamment démontrent que la différence, habituellement constatée dans la production de l'acide carbonique, le jour et la nuit, tend à devenir plus sensible encore durant l'inanition.

3° — C'est surtout aux expériences de Regnault et Reiset (1) qu'on peut aussi emprunter les résultats nécessaires pour apprécier l'*influence de la nature de l'alimentation* sur les variations de la puissance respiratoire. Ces résultats conduisent à penser que l'alimentation animale n'exerce aucune action bien importante sur l'activité même des phénomènes respiratoires, et qu'elle maintient cette dernière à peu près au même niveau qui s'observe avec le régime végétal. Seulement la quantité d'oxygène absorbé est employée différemment dans la combustion à laquelle ce gaz est destiné : ainsi, lorsque les animaux se nourrissent de viande, et en général d'aliments riches en matières grasses, ils exhalent relativement une plus petite quantité d'acide carbonique, et brûlent par conséquent plus d'hydro-

(1) *Loc. cit.*

gène; au contraire, quand les aliments sont de nature végétale, la production de l'acide carbonique est relativement beaucoup plus considérable et la quantité d'hydrogène brûlé devient très faible. Parfois même il semble qu'on doive admettre que la *totalité* de l'oxygène atmosphérique absorbé s'unit à du carbone, comme tendent à l'établir les observations sur le mouton citées plus haut.

Voici d'ailleurs les principaux résultats que l'on peut déduire des expériences de Regnault et Reiset sur le point qui nous occupe :

1° *Chiens* nourris avec une pâtée composée de pain et d'eaux grasses (alimentation amylacée) :

	gr.
Absorption d'oxygène par kilogramme et par heure, — 1gr,242, dont................	1,153 s'unissent à du carbone ;
	0,089 s'unissent à de l'hydrogène.

Mêmes chiens nourris avec de la viande (alimentation azotée et grasse) :

	gr.
Absorption d'oxygène par kilogramme et par heure, — 1gr,192, dont................	0,892 s'unissent à du carbone ;
	0,300 s'unissent à de l'hydrogène.

2° *Poules* nourries avec des graines :

	gr.
Absorption d'oxygène par kilogramme et par heure, — 1gr,227, dont................	1,144 s'unissent à du carbone ;
	0,083 s'unissent à de l'hydrogène.

Mêmes poules nourries avec de la viande :

	gr.
Absorption d'oxygène par kilogramme et par heure, — 1gr,381, dont................	0,939 s'unissent à du carbone ;
	0,442 s'unissent à de l'hydrogène.

Dans une autre expérience, un chien, après avoir ingéré une grande quantité de graisse de mouton sans aucun autre aliment, a absorbé, par kilogramme et par heure, 1gr,138 d'oxygène, dont 0gr,789 seulement furent transformés en acide carbonique, le reste s'étant combiné avec de l'hydrogène.

Il est utile de faire observer ici que les animaux soumis à l'inanition présentent, quant à la proportion d'acide carbonique exhalé, la même modification que s'ils étaient soumis au régime de la viande. Cette observation concorde avec d'autres faits qui démontrent qu'un animal privé d'aliments se nourrit à ses propres dépens, qu'il consomme pour les besoins de sa respiration la substance même de ses tissus, et surtout les graisses mises en dépôt dans divers points de son organisme.

La nature du régime alimentaire influe encore momentanément sur l'exhalation ou l'absorption d'azote : vient-on à changer brusquement le régime d'un animal, il y a en général absorption de ce gaz au lieu de l'exhalation qui s'observe dans l'état normal ; tandis que, si le même animal a eu le temps de s'accoutumer au nouveau régime qu'on lui a imposé, ce trouble de la fonction respiratoire disparaît, et l'on voit l'exhalation d'azote se rétablir, quelle que soit d'ailleurs l'espèce d'alimentation.

4° — Si des phénomènes de l'alimentation nous passons à d'autres actes qui puissent aussi modifier l'intensité du travail respiratoire, nous aurons à nous occuper d'abord de l'*influence du mouvement musculaire et du travail intellectuel* dans l'espèce humaine.

Cette question n'a pas été l'objet de beaucoup de recherches, bien que d'abord

elle ait fixé l'attention de Lavoisier. Du reste, les données qu'il a fait connaître à cet égard sont encore peut-être ce qu'on possède de plus net et de plus précis. — En expérimentant sur son collaborateur Séguin, Lavoisier (1) avait vu que l'absorption de l'oxygène augmente notablement dès que l'homme se livre à un exercice musculaire même médiocre :

Un homme à jeun et *au repos* consomme par heure $24^{lit},002$ d'oxygène ; le même homme à jeun, et *accomplissant le travail nécessaire pour élever en quinze minutes un poids de* $7^{kil},343$ *à une hauteur de* $199^{m},776$, consomme par heure $63^{lit},477$ d'oxygène, c'est-à-dire environ deux fois et demie autant.

Un homme pendant la digestion et *au repos* consomme par heure $37^{lit},689$ d'oxygène ; le même homme pendant la digestion, *accomplissant le travail nécessaire pour élever en quinze minutes un poids de* $7^{kil},343$ *à une hauteur de* $211^{m},146$, consomme par heure $91^{lit},248$ d'oxygène.

Après avoir fait remarquer encore combien le *travail* et l'*exercice* augmentent les proportions de l'oxygène absorbé, Lavoisier ajoute un peu plus loin (p. 576) :

« Dans toutes ces expériences, la température du sang demeure assez constamment la même, du moins à quelques fractions de degré près. Mais le nombre des pulsations des artères et celui des inspirations varient d'une manière très remarquable. Nous sommes parvenus, à cet égard, à constater deux lois de la plus haute importance :

» La première, c'est que *l'augmentation du nombre des pulsations est assez exactement en raison directe de la somme des poids élevés à une hauteur déterminée ;* pourvu toutefois que la personne soumise aux expériences ne porte pas ses efforts trop près de la limite de ses forces, parce que alors elle est dans un état de souffrance et sort de l'état naturel.

» La seconde, c'est que *la quantité d'air vital* (oxygène) *consommé est, toutes choses égales d'ailleurs*, lorsque la personne ne respire qu'aussi souvent que le besoin l'exige, *en raison composée des inspirations et des pulsations*, c'est-à-dire en raison directe du produit des inspirations par les pulsations.

» Nous ne parlons en ce moment que de rapports. On conçoit, en effet, que la consommation absolue doit varier considérablement dans différents individus, suivant leur âge, leur état de vigueur et de santé, suivant qu'ils ont plus ou moins contracté l'habitude des travaux pénibles ; mais il n'en est pas moins vrai qu'il existe, pour chaque personne, une loi qui ne se dément pas, lorsque les expériences sont faites dans les mêmes circonstances et à des intervalles de temps peu éloignés. Ces lois sont même assez constantes pour qu'en appliquant un homme à un exercice pénible et en observant l'accélération qui en résulte dans le cours de la circulation, on puisse en conclure à quel poids élevé à une hauteur déterminée répond la somme des efforts qu'il a faits pendant le temps de l'expérience.

» Ce genre d'observations conduit à comparer des emplois de force entre lesquels il semblerait n'exister aucun rapport. On peut connaître, par exemple, à combien de livres en poids répondent les efforts d'un homme qui récite un discours, d'un musicien qui joue d'un instrument. On pourrait même évaluer ce qu'il y a de mécanique dans le travail du philosophe qui réfléchit, de l'homme de lettres qui écrit, du musicien qui compose. Ces effets, considérés comme purement moraux, ont quelque chose de physique et de matériel qui permet, sous ce rapport

(1) *Mém. de l'Acad. des sciences*, 1789, p. 575.

de les comparer avec les efforts que fait l'homme de peine. Ce n'est donc pas sans quelque justesse que la langue française a confondu sous la dénomination commune de *travail* les efforts de l'esprit comme ceux du corps, le travail du cabinet et le travail du mercenaire. »

Nous avons emprunté à Lavoisier cette longue citation, parce que nulle part ailleurs nous n'avons trouvé une plus ingénieuse et plus profonde appréciation de tous ces rapports physiologiques.

Prout (1) a observé les mêmes influences sur lui-même. Un exercice modéré augmentait l'exhalation d'acide carbonique : ainsi, après une promenade, la quantité de ce produit s'était accrue dans la proportion de 3,45 à 3,60. Mais, conformément à la restriction si justement posée par Lavoisier, il ne faut pas que le travail physique devienne une fatigue, car il en résulte alors un état de malaise qui au contraire ralentit le travail chimique de la respiration : ainsi Prout, après une autre promenade qui l'avait beaucoup fatigué, vit l'exhalation de l'acide carbonique diminuer dans la proportion de 4,10 à 3,20. Valentin (2), Vierordt (3), Horn (4), ont fait des observations analogues à celles de Prout. Lassaigne (5) a constaté, chez les chevaux, que l'exhalation d'acide carbonique augmente aussi notablement après la course.

Treviranus (6), qui, sous le rapport de la respiration, a étudié comparativement des insectes à l'état de repos et à l'état de mouvement, fait remarquer que les hyménoptères et les lépidoptères, dont les allures sont vives et rapides, ont une respiration plus active que les coléoptères qui ont des mouvements plus lents. Newport (7) a trouvé, dans ses expériences, des insectes chez lesquels les mouvements de locomotion rendaient l'exhalation de l'acide carbonique jusqu'à 25 et 27 fois plus considérable que dans l'état d'immobilité : un bourdon (*Bombus*), vivement agité, dégageait, en une heure, plus d'acide carbonique qu'il n'en avait fourni pendant vingt-quatre heures de repos.

Ce rapport constant entre l'activité musculaire et le travail respiratoire n'est pas moins manifeste quand on l'étudie dans différentes espèces animales. On peut énoncer, comme une loi physiologique, que, *à poids égal et pendant des temps égaux, les diverses espèces animales consomment, par la respiration, d'autant plus d'oxygène et produisent d'autant plus d'acide carbonique, que leur locomotion exige une plus grande somme d'efforts.* C'est la loi de Lavoisier transportée des individus aux espèces ; et l'on peut ajouter que *la combustion respiratoire* effectuée par un poids donné de matière animale vivante *croît proportionnellement à l'activité musculaire.* Par exemple, le mode de locomotion qui exige la plus grande somme d'efforts est sans contredit le vol : aussi les oiseaux, et les insectes, qui volent avec agilité, possèdent-ils la respiration la plus active. Rappelons également que si, par l'énergie de leur locomotion, les mammifères sont inférieurs aux oiseaux et supérieurs aux reptiles, l'absorption et le dégagement

(1) *Observ. in the Quant. of Carbonic Acid Gaz emitt. from the Lungs*, etc. (*Ann. of Philos.*, 1813, vol. II, p. 335, 338).

(2) *Lehrbuch der Physiol.*, 2e édit., 1847, t. II, p. 563 et suiv.

(3) *Physiol. des Athmens*, p. 98 et suiv.

(4) *Neue medizinisch-chirurgische Zeitung*. Extrait dans *Gaz. méd. de Paris*, 21 déc. 1850, p. 902.

(5) *Journ. de chim. médic.*, 1849, t. V, p. 13. — *Comptes rendus de l'Acad. des sc. de Paris*, 1849, t. XXVIII, p. 260.

(6) *Zeitschrift für Physiol.*, t. IV, p. 29.

(7) *Philos. Trans.*, 1836, p. 554.

des gaz de la respiration sont environ sept fois moindres chez les mammifères que chez les oiseaux, et au contraire à peu près dix fois plus intenses chez les mammifères que chez les reptiles (voyez plus haut, p. 556 et 557).

5° — Le *sommeil* représente l'état le plus complet de repos dans lequel puisse tomber l'organisme animal. D'après ce qui précède, il est donc permis de présumer que, comparé à l'état de veille, le sommeil amènera une diminution sensible dans l'intensité des phénomènes chimiques de la respiration. Indiquée d'abord par Allen et Pepys (1), cette influence du sommeil fut ensuite étudiée par Prout (2). Dans ces dernières années, Scharling (3) surtout est arrivé à des résultats dignes d'intérêt : en observant six personnes d'âge et de sexe différents, il a vu que constamment la production d'acide carbonique, pendant le jour, était d'un quart plus considérable que durant la nuit chez les mêmes individus plongés dans le sommeil. Il suffisait, dit cet observateur, que, pendant l'expérience, le sujet s'endormît, pour qu'aussitôt on vît diminuer le volume de gaz acide carbonique exhalé.

Prout avait recherché, dès 1813, quelles variations subit, aux diverses heures de la journée, l'exhalation d'acide carbonique. Vierordt (4) a poursuivi les mêmes recherches, et récemment Horn (5) a consacré de nombreuses expériences à l'élucidation de ce problème. Les conclusions assez divergentes auxquelles sont arrivés ces expérimentateurs donnent à croire que, suivant les habitudes et les circonstances environnantes, ces variations diffèrent d'un individu à un autre, et qu'elles ne sont par conséquent, comme Prout l'avait supposé, soumises à aucune loi générale.

On a constaté que, chez les animaux, l'influence du sommeil sur les phénomènes respiratoires est la même que chez l'homme. Nous avons déjà rapporté les observations comparatives de Boussingault (6) sur des tourterelles, pendant le jour et pendant la nuit : constamment l'exhalation d'acide carbonique s'abaissait pendant le sommeil, et la diminution était d'un peu moins du tiers de la quantité exhalée dans l'état de veille. Les expériences de Lehmann (7) sur des pigeons, celles de Marchand (8) sur des grenouilles, et de Newport (9) sur des insectes, ont donné des résultats analogues.

Dans plusieurs des observations qui viennent d'être relatées, on parle d'une influence, assez faible sans doute, mais dont il y aurait peut-être lieu de tenir quelque compte : il s'agit de celle de la *lumière* et de l'*obscurité*. D'après un travail récent de Moleschott (10), l'excitation produite par la lumière, non-seulement sur les organes de la vue, mais aussi sur la peau elle-même, aurait augmenté l'intensité des phénomènes respiratoires. Bidder et Schmidt (11), dans leurs expériences sur les effets de l'inanition, ont trouvé que, si l'on privait de la vue

(1) *Philos. Trans.*, 1809, p. 426.
(2) *Loc. cit.*
(3) *Loc. cit.*
(4) *Ouvr. cit.*, p. 70.
(5) Extrait dans *Gazette méd. de Paris*, 21 décembre 1850, p. 902.
(6) *Ann. de chim. et de phys.*, 1844, 3ᵉ série, t. XLIV, p. 444.
(7) *Lehrb. der physiol. Chemie*, Bd. III, p. 317.
(8) *Ann. der prakt. Chemie*, 1844, Bd. XXXIII, p. 149.
(9) *Loc. cit.*
(10) *Wiener medizinische Wochenschrift*, 1855, n° 43, p. 682.
(11) *Ouvr. cit.*

les animaux observés, l'exhalation diurne de l'acide carbonique tendait à devenir égale à l'exhalation nocturne. — L'obscurité de la nuit, opposée à la lumière du jour, semblerait donc avoir aussi sa part dans la diminution des combustions respiratoires.

6° — Il est des animaux pour qui le sommeil n'est pas seulement le repos après la fatigue, mais chez lesquels il vient suspendre, pour ainsi dire, la vie pendant toute une saison : ces *animaux* sont dits *hibernants*. Plusieurs des espèces qui présentent ce singulier phénomène ont été étudiées avec persévérance par divers physiologistes. Les marmottes surtout ont été observées par Spallanzani (1), par Saissy (2), puis par Regnault et Reiset (3). Saissy a observé en outre l'*hibernation* des hérissons, des lérots et des chauves-souris. Spallanzani a étudié le même phénomène chez les colimaçons, chez des insectes à l'état de nymphes ; enfin Newport (4) a renouvelé ces dernières observations. Or, en réunissant les résultats de toutes ces recherches, on peut arriver à quelques conclusions intéressantes.

Notons d'abord que, pendant le *sommeil hibernal*, la respiration est tellement diminuée, qu'assez ordinairement elle est devenue presque insensible. Aussi parfois Spallanzani et Saissy n'ont-ils pu découvrir aucune altération dans l'air où avaient séjourné, même durant quelques heures, des animaux hibernants endormis. Cependant il est prouvé que ces animaux ne peuvent se passer d'air atmosphérique ; ils finissent par succomber nécessairement dans un milieu qui en est dépourvu. L'extrême diminution du travail respiratoire explique comment les animaux engourdis par le sommeil hibernal peuvent supporter une suspension assez prolongée de la respiration, et résister un certain temps à l'action de gaz irrespirables ou même délétères (5).

L'absorption de l'oxygène est diminuée d'une manière remarquable : Regnault et Reiset l'ont vue, chez les marmottes engourdies, se réduire à moins de 1/20e de ce qu'elle était à l'état de veille.

Comme l'inanition, le sommeil hibernal diminue la production d'acide carbonique relativement à la quantité d'oxygène absorbé ; en d'autres termes, l'animal hibernant brûle une moindre proportion de carbone et une plus forte proportion d'hydrogène pendant l'engourdissement que pendant la veille. C'est qu'alors il consomme les graisses accumulées dans ses tissus, comme le fait aussi l'animal privé d'aliments.

Les expériences de Regnault et Reiset semblent indiquer que, pendant le sommeil hibernal, il y a, non plus exhalation, mais bien absorption d'azote. Ce fait, pour être mis hors de doute, aurait besoin d'expériences plus nombreuses.

Spallanzani (6), en observant les nymphes des abeilles, Newport en observant ces mêmes nymphes et les chrysalides de deux lépidoptères, Regnault et Reiset en expérimentant sur celles du ver à soie, ont démontré que, dans cet état de torpeur, les insectes sont dans les mêmes conditions que les animaux hibernants, au point de vue de la fonction respiratoire.

(1) *Mém. sur la respiration*, p. 334 et 335.
(2) *Rech. sur les animaux hibernants*, p. 28.
(3) *Mém. et rec. cit.*, p. 440.
(4) *Loc. cit.*
(5) SPALLANZANI, *ouvr. cit.*, p. 335. — SAISSY, *loc. cit.*
(6) SENEBIER, *Rapports de l'air*, etc., t. I, p. 100.

7° — Nous terminerons l'examen des modifications que certaines conditions physiologiques introduisent dans les phénomènes physico-chimiques de la respiration, en signalant l'*influence*, chez la femme, *de la menstruation* et *de la grossesse*, telle que l'ont mise en relief Andral et Gavarret dans leur mémoire déjà cité (1). Chez les jeunes garçons, l'époque de la puberté est aussi celle d'un accroissement considérable dans l'exhalation de l'acide carbonique ; mais, chez les jeunes filles, cette exhalation cesse de s'accroître dès le moment où s'établit le flux menstruel, et elle demeure invariablement stationnaire jusqu'à ce que, à l'âge de retour, cet écoulement se supprime. Alors la fonction pulmonaire prend plus d'activité et la quantité d'acide carbonique exhalé augmente, comme pour reprendre le niveau au-dessous duquel le flux menstruel l'avait maintenue ; puis, après que ce surcroît d'activité respiratoire a été produit vers l'époque critique, l'exhalation de l'acide carbonique diminue, chez la femme, à mesure qu'elle avance en âge, absolument comme chez l'homme.

Voici les chiffres que cite Gavarret (2), et qui mettent bien en évidence les faits dont il s'agit :

Consommation moyenne de carbone par heure.

		Gram.
De 10 à 15 ans,	chez le jeune garçon *non pubère*...........	7,8
	chez la jeune fille *non réglée*..............	6,4
De 16 à 30 ans,	chez l'homme *adulte*....................	11,2
	chez la femme *réglée*....................	6,4

Ajoutons qu'une femme de quarante-cinq ans, bien portante et *encore bien réglée*, ne brûlait que 6^{gr},2 de carbone par heure ; tandis que cinq femmes, également en bonne santé et comprises entre trente-huit et quarante-neuf ans, mais chez lesquelles le *flux menstruel était supprimé*, brûlaient moyennement par heure, 8^{gr},4 de carbone.

Entre la fonction utérine et la fonction pulmonaire semble donc exister une étroite solidarité ; la première est supplémentaire de la seconde. Une portion notable des matériaux du sang, d'après la remarque d'Andral et Gavarret, est chassée au dehors par le flux menstruel, et ce fait seul tend à expliquer le peu d'activité de la fonction pulmonaire tant que l'utérus continue à vivre de sa vie normale.

La *grossesse*, en supprimant temporairement l'écoulement sanguin périodique devait, d'après ce qui précède, augmenter l'exhalation de l'acide carbonique. C'est en effet ce qu'a démontré l'étude des produits de la respiration : ainsi Andral et Gavarret ont observé quatre femmes grosses dont la consommation moyenne de carbone, *par heure*, était, non plus 6^{gr},4, comme pour la femme *réglée*, mais bien 8 grammes, qui représentent la quantité produite vers l'époque de retour.

E. — Parmi les *circonstances extérieures* qui modifient le travail respiratoire nous considérerons d'abord la *constitution chimique de l'atmosphère ambiante*.

1° — Nous savons déjà que toute atmosphère respirable doit renfermer une quantité déterminée d'oxygène ; ici nous nous proposons surtout de rappeler les

(1) *Ann. de chim. et de phys.*, 1843, 3^{e} série, t. VIII, p. 129.
(2) *De la chaleur produite par les êtres vivants*, p. 352. Paris 1855.

ésultats qui ont été obtenus en remplaçant l'air ordinaire par des mélanges dans esquels d'autres gaz non délétères tenaient surtout lieu d'une partie ou de la otalité de l'azote.

Lavoisier et Séguin (1), les premiers qui aient fait des essais de ce genre, ont our à tour employé des mélanges variés d'oxygène et d'azote, d'oxygène et d'hyrogène, et enfin, par comparaison, l'oxygène pur. Dans ces diverses expériences, mais ils n'ont pu constater aucun changement dans les produits de la respiation.

Regnault et Reiset (2), qui ont répété des expériences analogues, en ont ainsi xprimé les résultats : « La respiration des animaux des diverses classes, *dans ne atmosphère renfermant deux ou trois fois plus d'oxygène que l'air normal*, e présente aucune différence avec celle qui s'exécute dans notre atmosphère rrestre. La *consommation d'oxygène est la même;* le rapport entre l'oxygène ontenu dans l'acide carbonique et l'oxygène total consommé ne subit pas de chanement sensible; la *proportion de gaz azote exhalé est la même;* enfin les animaux paraissent pas s'apercevoir qu'ils se trouvent dans une atmosphère différente e leur atmosphère ordinaire.

» La respiration des animaux, dans une atmosphère où l'hydrogène remplace, grande partie, l'azote de notre atmosphère terrestre, diffère aussi très peu de lle qui a lieu dans l'air normal. On remarque seulement *une plus grande conmmation d'oxygène*, ce que nous avons attribué à une plus grande activité que end la respiration afin de compenser le plus grand refroidissement que l'animal rouve au contact du gaz hydrogène. »

Il paraît donc résulter de là que, dès qu'une atmosphère ne contient aucun gaz létère et qu'elle fournit, en un temps donné, à la *respiration* tout l'oxygène dont e a besoin, cette atmosphère satisfait aux conditions fondamentales de la fonction n'a plus sur elle d'influence bien notable.

2° — Il en est autrement de l'*état hygrométrique de l'air*. Si l'influence de tte condition physique sur l'ensemble des phénomènes respiratoires a été quele peu négligée des expérimentateurs, son action spéciale sur la *transpiration lmonaire* a été du moins l'objet de recherches très dignes d'intérêt. W. Edrds (3) a poursuivi, à ce sujet, une longue série d'expériences sur les animaux sang froid et sur les animaux à sang chaud. Quoiqu'on ait pu reprocher à cet eur d'avoir parfois confondu la transpiration pulmonaire et la transpiration anée, les conclusions générales de son travail n'en ont pas moins une grande tée. Cet habile observateur s'est appliqué à établir que la transpiration, c'estire l'exhalation d'eau qui a lieu à la surface de la peau ou de la muqueuse respioire, doit être rangée au nombre des phénomènes physiques, et qu'elle peut être nparée à ceux que présenteraient des corps poreux (comme du charbon de bois) bibés d'eau et placés dans les mêmes circonstances où se trouvent les animaux. conçoit dès lors, et seulement d'après les lois de la physique, que l'état hygrotrique de l'air ambiant doit rendre la transpiration d'autant plus faible, que cet est lui-même plus élevé, c'est-à-dire que l'air est plus humide. Les expériences s par W. Edwards sur des grenouilles, des crapauds et des salamandres (4),

(1) *Mémoire* de 1789, *rec. cit.*, p. 573.
(2) *Mém. et rec. cit.*
(3) *Influence des agents physiques sur la vie.* Paris, 1824, p. 84, 98, 127, 207, 312.
(4) *Ouvr. cit.*, p. 92 et suiv., et p. 583 à 599.

sur des lézards, des couleuvres et des tortues (1), enfin sur des mammifè et des oiseaux, s'accordent pour démontrer la vérité de cette proposition génér: W. Edwards a pourtant reconnu que la transpiration ne s'annule jamais, mê dans une atmosphère d'une humidité extrême, mais qu'elle se réduit à son *mi mum* (2). La sécheresse extrême porte, au contraire, le phénomène de la transpi tion à son *maximum* d'intensité : chez les batraciens, suivant le degré de sécheres et la durée de l'expérience, la transpiration en général (cutanée et pulmonai était de 5 à 10 fois plus grande que dans l'air saturé d'humidité ; chez les lézar la transpiration devenait de 12 à 25 fois plus considérable dans l'air sec que d: l'air humide (3) ; chez les cochons d'Inde et chez les oiseaux, l'augmentation é en moyenne de 6 fois seulement; il en était à peu près de même chez l'homme (— W. Edwards a démontré, en outre, que l'*air agité* produit, dans la transpirati une modification comparable à celle qui résulte de la sécheresse de l'atmosphè

Ce savant expérimentateur a compris combien il importait, au moins pour les a maux à sang chaud, de ne pas confondre la transpiration pulmonaire avec la tra piration cutanée. Chez eux, en effet, la transpiration pulmonaire se fait à une tem rature fixe qui est celle du corps, et les conditions hygrométriques extérieures sont plus évidemment celles qui existent dans les cellules pulmonaires. L'élévat de température que l'air subit en parcourant les voies aériennes tend à abais l'état hygrométrique de ce même fluide, et lui permet, par conséquent, d'agir sur surfaces respiratoires comme le ferait de l'air plus sec que l'air ambiant, c'est- dire de leur enlever de nouvelles quantités d'humidité : dans ce cas, il y aura au mentation de la transpiration pulmonaire, abstraction faite de l'état hygrométriq sous l'influence de la *différence de température* entre l'animal et le milieu a biant. L'état hygrométrique n'exercerait son influence isolément que si ce mil se trouvait à la même température que l'animal à sang chaud : dans toute au circonstance, la transpiration pulmonaire ne se modifie que par l'action compo de la température extérieure et de l'état hygrométrique de l'atmosphère, parce q ces deux causes physiques déterminent réellement l'état hygrométrique que pre l'air dans l'intérieur de l'appareil respiratoire.

Quant à l'influence de l'état hygrométrique de l'air extérieur sur les autres pl nomènes de la respiration, on n'a que bien peu de documents à cet éga Lehmann (5) a fait, il est vrai, quelques recherches desquelles il a cru pouv conclure que, dans l'air humide, les lapins et plusieurs espèces d'oiseaux exhal plus d'acide carbonique que dans l'air sec. Mais cette conclusion attend sa co firmation d'autres expériences plus décisives.

3° — L'*influence de la température ambiante* se fait sentir, d'une manière p générale, sur les divers phénomènes respiratoires ; elle se lie d'ailleurs avec celle *saisons et des climats*. Letellier (6) a étudié les modifications qui se produis dans l'exhalation de l'acide carbonique chez des animaux à sang chaud soum des températures extrêmes. Voici quelques-uns des résultats dus à cet expé mentateur :

(1) *Ouvr. cit.*, p. 127 et suiv., et p. 608 et suiv.
(2) *Ouvr. cit.*, p. 94, 224.
(3) *Ouvr. cit.*, p. 223, 610.
(4) *Ouvr. cit.*, p. 324.
(5) *Abhandl. bei Begründung der K. Sächs*, etc. Leipzig, 1846. — *Lehrbuch der phys Chem.*, 1853, Bd. III, p. 303.
(6) *Ann. de chim. et de phys.*, 1845, 3e série, t. XIII, p. 478.

NOM DE L'ESPÈCE.	TEMPÉRATURES.	POIDS D'ACIDE CARBONIQUE exhalé par heure.
	Degrés centig.	gr.
COCHON D'INDE	à 0	3,006
—	de 15 à 20	2,080
—	de 30 à 40	1,453
SOURIS	à 0	0,266
—	de 15 à 20	0,249
—	de 30 à 40	0,134
TOURTERELLE	à 0	0,974
—	de 15 à 20	0,684
—	de 30 à 40	0,366
SERIN	à 0	0,325
—	de 15 à 30	0,250
—	de 30 à 40	0,129

Ces nombres prouvent que, dans les limites des températures indiquées, c'est-à-dire de 0° à 40°, l'exhalation d'acide carbonique peut varier du simple au double, ou même du simple au triple.

Déjà Crawford (1) avait vu que des cochons d'Inde vicient d'autant plus rapidement une quantité donnée d'air respirable, que la température extérieure est moins élevée. Delaroche (2) avait aussi constaté, sur des lapins, des cochons d'Inde et des pigeons, que ces animaux consomment plus d'oxygène lorsque la température de l'air est basse. Dans ces derniers temps, Vierordt (3) a expérimenté sur l'homme lui-même, et il a observé que le volume d'air expiré augmentait de un dixième, en moyenne, quand les températures de l'air, comprises d'abord entre 16° et 24°, s'abaissaient entre 3° et 15° ; en même temps, l'air expiré à ces températures plus basses renfermait aussi un sixième en plus d'acide carbonique. Barral (4) a signalé nettement l'influence des températures différentes de l'*hiver* et de l'*été* sur lui-même : en hiver, sa respiration, plus active, consommait par heure 13 grammes de carbone, et 10 grammes seulement en été. Cette accélération de l'activité physiologique, sous l'influence du froid habituel de l'hiver, exerce en outre une action curieuse que les expériences de W. Edwards (5) ont révélée. Des animaux à sang chaud, *soumis à la même température en hiver et en été*, ont plus rapidement consommé la même quantité d'oxygène dans la saison froide que dans la belle saison : six bruants placés, au mois de janvier, dans un volume de 117 centilitres d'air chauffé à 20° et non renouvelé, y périrent au bout de 1h2m 25s ; la même expérience fut répétée en août et en septembre, et ces oiseaux ne suc-

(1) *Exper. and Observ. on Animal Heat*, 2e édit., 1788, p. 313, etc.
(2) *Mém. sur l'influence que la température de l'air exerce sur les phénomènes chimiques de la respiration*, 1812.
(3) *Physiol. des Athmens*, p. 79.
(4) *Ann. de chim. et de phys.*, 1849, 3e série, t. XXV.
(5) *Ouvr. cit.*, p. 200.

combèrent qu'au bout de 1h22m. Ces expériences, souvent variées et reproduites par leur savant auteur, ont constamment donné le même résultat.

Les animaux à sang chaud, c'est-à-dire *à température fixe*, ont donc une respiration d'autant plus active, que la température ambiante est plus basse ; et cette influence est si générale sur l'organisme, que l'animal placé temporairement, en hiver, dans une température analogue à celle de l'été, y conserve encore, au moins pendant un temps assez long, le surcroît d'activité respiratoire qu'il doit à l'influence continue de la saison. — En traitant de la *chaleur animale*, nous aurons occasion de revenir sur ces faits pour les rattacher à l'histoire de la calorification.

Les animaux à sang froid sont influencés tout différemment. Spallanzani (1) a dit, depuis longtemps, que chez eux l'absorption de l'oxygène est proportionnelle à l'élévation de la température. W. Edwards (2), dans d'ingénieuses expériences, a démontré que les Grenouilles ont, en hiver, une respiration si faible, qu'il suffit de la quantité d'air tenu en dissolution dans l'eau, et que cette fonction peut s'exécuter par la peau seule; tandis qu'en été il en est autrement, et que l'accès de l'air atmosphérique dans leurs poumons est une nécessité impérieuse. Il a prouvé d'ailleurs que, à une même température, la *différence des saisons* influait aussi sur ces animaux : à 0°, les grenouilles respirent de quatre à six fois plus activement en juillet qu'en décembre. — Par conséquent, contrairement à ce qui s'observe chez les animaux à température fixe, on voit, chez les animaux à température variable la respiration devenir plus intense à mesure que la température est plus élevée. Mais on conçoit qu'il doive y avoir une limite, qu'à un certain degré d'échauffement la respiration cesse de croître avec la température, et qu'au delà encore le malaise résultant d'une chaleur excessive finisse même par déprimer le travail respiratoire. Les expériences de E. Marchand (3) tendent à confirmer ces prévisions.

Quantités d'acide carbonique exhalé, en un même temps, par des grenouilles soumises à diverses températures.

TEMPÉRATURE DE L'EXPÉRIENCE.	ACIDE CARBONIQUE EXHALÉ.
Degrés centigr.	Gram.
De 2 à 3	0,102
6 à 7	0,325
12 à 14	0,306
18 à 20	0,289
28 à 30	0,201

4° — Parmi les conditions extérieures qui peuvent encore modifier les phénomènes chimiques de la respiration, on a coutume de mentionner aussi les *variations de pression atmosphérique*, quoique, jusqu'à présent, on ne soit renseigné à ce sujet que d'une manière bien insuffisante. Déjà (p. 471 et suiv.) nous avons indiqué les curieux effets que déterminent, notamment sur le mécanisme respiratoire, les grandes et brusques variations de pression de l'air. Il nous resterait donc à connaître ceux que, dans de pareilles conditions, la mesure et l'analyse des gaz al

(1) SENEBIER, *Rapports de l'air*, etc., t. II, p. 272.
(2) *Ouvr. cit.*, p. 648.
(3) *Journ. für Chem.*, 1844, Bd. XXXIII, p. 151.

sorbés ou dégagés pendant la respiration pourraient seules nous révéler. Or, bien évidemment ces analyses sont encore trop peu nombreuses pour permettre des conclusions quelconques ; aussi n'est-ce qu'à titre d'essais qu'on peut signaler les expériences de Vierordt (1), celles de Lehmann (2) de P. Hervier et Saint-Lager (3). Vierordt, qui d'ailleurs s'en est tenu à des différences assez faibles de pression, dit qu'avec une augmentation d'environ 12 millimètres, il a constaté que la proportion d'acide carbonique contenu dans l'air expiré baissait de 4,45 pour 100 à 4,14. Pour Lehmann, l'exhalation de l'acide carbonique est devenue plus considérable avec l'accroissement de la pression atmosphérique. Suivant P. Hervier et Saint-Lager : « 1° La quantité d'acide carbonique exhalé dans le bain d'air comprimé s'élève, au dire de Pravaz, au-dessus des proportions de l'état normal, jusqu'à la pression de 10 à 12 centimètres ; au-dessus de cette limite, le poumon exhale moins d'acide carbonique qu'avant le bain. 2° L'effet consécutif de l'air comprimé, à la sortie de l'appareil, est l'accroissement de l'exhalation de l'acide carbonique. Cet effet, qui se prolonge pendant plusieurs heures, n'atteint son *maximum* qu'un certain temps après le bain (4). » — Plusieurs de ces résultats, qui sont d'ailleurs peu explicables, auraient besoin de confirmation ultérieure.

F. — Dans le récit que nous avons donné des expériences relatives à l'exhalation de l'acide carbonique dans la respiration, nous n'avons point parlé des variaions que peut offrir ce phénomène suivant la durée du séjour de l'air dans les oumons. Cette durée est évidemment subordonnée à la *fréquence plus ou moins rande des mouvements respiratoires*. Quand ils s'accomplissent avec lenteur, et ue partant le contact de l'air avec les surfaces pulmonaires se prolonge, on est orté à croire que l'échange gazeux doit s'opérer d'une manière plus complète ; u'ainsi, d'une part, l'oxygène de l'air s'absorbe en plus grande quantité, et que, le l'autre, l'acide carbonique se dégage en plus forte proportion. Il faut néanmoins enir compte d'une autre circonstance, c'est qu'alors l'air, en s'appauvrissant l'oxygène, n'en doit plus provoquer aussi rapidement l'échange avec les gaz du ang ; puis encore il faut se rappeler que, si la fréquence des mouvements respiraoires rend la circulation plus active, leur ralentissement produit l'effet inverse. Quoi qu'il en soit, l'influence combinée de ces diverses causes a pour conséquence ue, quand les expirations sont ralenties, le volume d'air expiré renferme une lus forte proportion d'acide carbonique. Mais en somme, dans un temps donné, a *quantité absolue* de ce gaz exhalé par l'appareil respiratoire est moindre que lans le cas où les expirations sont fréquentes. Pour légitimer cette proposition, il ous suffira d'emprunter à Vierordt (5) quelques-uns des résultats qu'il a constatés ur lui-même dans 94 expériences. Ce physiologiste a reconnu, par exemple, que, uand il faisait 12 expirations par minute, l'air expiré contenait 0,043 de son voume d'acide carbonique ; que, s'il exécutait 24 expirations, cette proportion était eulement de 0,035 ; qu'enfin, pour 48 expirations par minute, la proportion d'acide

(1) *Ouvr. cit.*, p. 84.
(2) *Lehrbuch der physiol. Chem.*, t. III, p. 304.
(3) *Sur la carbonométrie pulmonaire dans l'air comprimé* (*Gaz. méd. de Lyon*, 1849). — t dans *Essai sur l'emploi médical de l'air comprimé*, par PRAVAZ. Paris, 1850, p. 27.
(4) Citation de PRAVAZ, dans son *Essai sur l'emploi médical de l'air comprimé*. Paris, 1850, 1-8, p. 27.
(5) *Comptes rendus de l'Acad. des sciences de Paris*, 1844, t. XIX, p. 1033. — Voir aussi *'hysiol. des Athmens*, p. 102 et suiv.

carbonique était 0,031. Or, si l'on recherche quelles *quantités absolues* d'acide carbonique correspondent à ces proportions, en évaluant à 250 centimètres cubes le volume d'une expiration, on trouve : que 12 expirations par minute donnent, pour volume de l'air expiré, 3 litres dont les 0,043 sont 129 centimètres cubes d'acide carbonique ; que 24 expirations donnent 6 litres d'air expiré par minute, dont les 0,035 sont 0,210 centimètres cubes ; que 48 expirations, dans le même temps, donnent 12 litres d'air expiré dont les 0,029 sont 0,248 centimètres cubes d'acide carbonique. — Par conséquent, les respirations les plus lentes ont fourni la *moindre quantité absolue* d'acide carbonique par minute, mais aussi *la plus forte quantité relative* de ce gaz dans l'air expiré.

G. — Si, dans un grand nombre d'expériences, on a mesuré et analysé (avec autant de précision que les connaissances actuelles permettent d'en apporter dans les procédés), les gaz absorbés ou dégagés, pendant la respiration, par l'homme et par un certain nombre d'animaux à l'*état normal*, ces mêmes gaz n'ont été étudiés qu'assez rarement dans le but d'établir leurs variations de proportions *suivant les divers états pathologiques*.

Nous signalerons d'abord les analyses, au nombre de 170, faites par Doyère (1) sur les principaux produits de la respiration chez des individus atteints de *choléra*. Chacune de ces analyses comprend la détermination des proportions de l'oxygène absorbé et de celles de l'acide carbonique exhalé.

Rayer (2) avait déjà annoncé, en 1832, que l'air expiré par les cholériques renferme plus d'oxygène que l'air expiré dans l'état physiologique ; en d'autres termes, que l'absorption de ce dernier gaz est diminuée. Doyère a confirmé ce résultat et l'a suivi dans ses détails ; il n'a vu, dans aucun cas, l'absorption de l'oxygène se réduire à zéro : il n'a donc jamais vu l'air expiré contenir autant d'oxygène que l'air inspiré ; mais il a constaté que plus le choléra était grave, plus on retrouvait d'oxygène dans les gaz de l'expiration. Quant à l'acide carbonique, Doyère a rencontré constamment un abaissement notable de la proportion de ce gaz dans l'air expiré par les cholériques ; il n'en trouvait plus en moyenne que 1 pour 100.

Il est d'ailleurs possible, par l'analyse des produits expirés, de mesurer la gravité du mal. Ainsi, chez les cholériques qui ont guéri promptement, l'oxygène absorbé n'est pas tombé au-dessous de 3 pour 100, ni l'acide carbonique exhalé au-dessous de 2,3 pour 100 ; et, par contre, Doyère n'a vu aucun malade sauvé, après que les chiffres donnés par l'analyse étaient tombés plus bas que 1,75 pour le premier gaz, et que 1,45 pour le second, et cela dans le cas même où l'amélioration des symptômes avait fait concevoir de grandes espérances.

Enfin, selon Doyère, dans le choléra, comme dans certains cas d'asphyxie dont il donne les observations, la quantité d'oxygène absorbé est toujours supérieure à celle de l'acide carbonique produit. « Mais ici une question se présente, dit Andral (3) : la modification dans la proportion normale des produits expirés est-elle un fait propre au *choléra ?* Postérieurement à la publication de son premier mémoire, l'observation a révélé le contraire à Doyère. En effet, dans des expériences

(1) *Mém. sur la respiration et la chaleur humaine dans le choléra* (*Moniteur des hôpitaux* 1854, t. II, p. 97).

(2) *Examen comparatif de l'air expiré par des hommes sains et les cholériques, sous le rapport de l'oxygène absorbé* (*Gazette méd. de Paris*, 26 mai 1832, t. III, p. 277).

(3) ANDRAL, *Rapport à l'Acad. des sciences de Paris sur le concours de* 1858 (prix Bréant) — Séance du 14 mars 1859.

plus récentes entreprises par lui à l'hôpital de la Charité, sous les yeux de Rayer, chez des malades atteints de *fièvre typhoïde*, et chez un autre atteint de *pneumonie aiguë*, Doyère a trouvé, dans l'air expiré, une aussi faible proportion d'acide carbonique que chez les cholériques..... — Dans ces cas divers, continue Andral, l'abaissement du chiffre du gaz acide carbonique était-il dû, soit aux conditions spéciales qui dominent l'organisme dans la *fièvre typhoïde*, soit à l'altération que subit l'appareil respiratoire lui-même dans la *pneumonie;* ou bien cet abaissement du chiffre du carbone que le poumon doit normalement éliminer serait-il une condition générale de l'*état fébrile*, quels que soient son point de départ et sa nature? Question grave, qui demande de nouvelles recherches dont il n'est pas besoin de faire sentir toute l'importance. »

Malcolm (1), ayant fait, à l'hôpital de Belfort, quelques expériences pour déterminer la quantité d'acide carbonique exhalé pendant la respiration, dans le *typhus*, est arrivé aux deux conclusions suivantes: « 1° Dans le typhus, l'exhalation de l'acide carbonique est beaucoup moindre que dans l'état de santé. 2° Cette quantité est moindre encore dans les cas les plus graves. » Mais, jusqu'à ce qu'on ait établi des séries d'expériences analogues pour beaucoup d'autres maladies, on peut encore se demander si cette diminution de la proportion d'acide carbonique dépend de la nature de la maladie ou bien seulement de l'état morbide général.

Cette diminution a été aussi observée par Hannover (2) chez des hommes et des femmes atteintes de phthisie pulmonaire. Dans la chlorose, au contraire, le même observateur prétend que la quantité absolue d'acide carbonique exhalé serait plus considérable que dans l'état de santé!

Quant à P. Hervier et Saint-Lager (3), ils croient pouvoir diviser le cadre nosologique en trois catégories, au point de vue qui nous occupe : la première comprend les maladies dans lesquelles la proportion d'acide carbonique augmente; la seconde, les états morbides dans lesquels la proportion de ce gaz reste normale; et la troisième, ceux dans lesquels cette proportion diminue. — Dans la première catégorie, se rangeraient les *phlegmasies* bien caractérisées, à l'exception de celles qui peuvent avoir pour effet immédiat de gêner la respiration ou la circulation; la *fièvre intermittente* pendant l'accès. —Dans la seconde, se trouveraient les maladies chroniques qui ne sont pas accompagnées de fièvre, comme la chlorose, le diabète, etc. — Enfin, dans la troisième, figureraient l'affection typhoïde, les fièvres éruptives; puis la pneumonie, la pleurésie, la péricardite, la phthisie pulmonaire, etc., en un mot, toutes les maladies apportant quelque obstacle à la respiration.

Il est à désirer que les jeunes et laborieux expérimentateurs qui ont proposé cette classification s'appliquent à la justifier par de nouvelles recherches, et aussi que leurs principaux résultats soient contrôlés par d'autres investigateurs.

X. — Chez les animaux supérieurs, le *sang* est dans un état de perpétuelle mutation par suite de son mélange avec la lymphe, avec le chyle, et aussi avec d'autres produits de la digestion qu'absorbent les veines intestinales. Véhicule de

(1) *Gazette méd. de Paris*, année 1844, t. XII, p. 24. — Extrait de *The London and Edinburgh Monthly Journal of Med. Sc.*, ann. 1843.

(2) *De quantitate relativa et absoluta acidi carbonici ab homine sano et ægroto exhalati.* Copenhague, 1845, p. 82.

(3) *Recherches sur les quantités d'acide carbonique exhalé par le poumon à l'état de santé et de maladie.* Lyon, 1849, p. 17 et suiv.

matériaux si divers, le sang ne saurait offrir, dans tous les points de son parcours les qualités d'un fluide directement nutritif. Pour que ces qualités se développent il faut, en quelque lieu du trajet circulatoire, l'introduction d'un élément essentie que les animaux trouvent et puisent incessamment dans l'atmosphère : l'*oxygène* agent de toutes les transformations ou décompositions qui ont lieu dans le précé dent liquide. C'est au moyen des *organes respiratoires* que l'air, riche en oxygène et le sang veineux, chargé d'acide carbonique libre, sont mis en présence, séparé seulement par une membrane humide d'une extrême ténuité. Or, on connaît l: tendance des divers gaz à se mélanger alors même que des membranes humide: les séparent ; et, en effet, on voit ici un continuel échange s'établir dans des rap ports déterminés: tandis que le gaz acide carbonique en excès dans le sang veineu: s'exhale au dehors, l'oxygène atmosphérique est à son tour absorbé et dissous pa le fluide sanguin. Puis le sang qui, avant cette oxygénation, était rouge brun e impropre à l'entretien de la vie, devient rouge vermeil, riche en oxygène, et bientô propre à la nutrition comme au développement de tous les organes ; en un mot, i devient *artériel.*

Par conséquent, d'une part, si la respiration enlève quelque chose au liquid sanguin, elle lui apporte, d'autre part, un principe qui le rend apte à compléte l'organisme ou à réparer ses pertes, tout en donnant lieu d'ailleurs à un dégagement de chaleur indispensable au libre exercice des fonctions : c'est ce même prin cipe qui, attaquant les matériaux ternaires et quaternaires du sang, leur fait perdre, en partie, leur hydrogène, leur carbone et leur azote, que nous avons vu s'exhaler partiellement aussi, dans l'expiration, sous forme de vapeur d'eau, d'acid carbonique et d'azote libre.

Le sang, avec sa constitution complexe qui nous est déjà connue (voy. p. 481 et suiv.), peut donc être considéré comme le milieu de tous les phénomènes essen tiels de nutrition : c'est lui, en effet, qu'on voit recrutant dans son parcours, pou se reconstituer, certaines substances élaborées par les voies digestives, et déposan ensuite, dans les divers tissus, des principes assimilables ; c'est lui encore qui reçoit, pour les conduire vers les organes d'élimination, les matériaux usés par le mou vement de la vie et devenus nuisibles à l'organisme ; avec le sang, enfin, circulen l'acide carbonique et l'azote, produits gazeux de l'action ultime des métamorphose de la nutrition, et dont ce liquide se débarrasse par les diverses surfaces respiratoires. Ainsi le *sang* représente un fluide à la fois réparateur et épurateur, dont l renouvellement et la destruction continuels, confiés surtout à la digestion et à l respiration, sont les deux conditions inséparables de l'existence des animaux supérieurs.

Laissant de côté, pour y revenir plus tard, d'autres modifications importante du sang qui ont lieu dans les divers points du trajet circulatoire par suite de l'introduction de l'oxygène, occupons-nous d'abord du phénomène le plus apparent de tous, du *changement de coloration* que la respiration opère dans le liquide sanguin.

Nul doute que l'absorption de l'oxygène atmosphérique par le sang veineux ne soit la principale cause d'un changement aussi instantané, et que, chez les animaux les plus élevés dans l'échelle, le poumon ne doive être regardé comme un artifice anatomique destiné à multiplier le conflit entre le sang et le principe vivifiant de l'air. Si, aux yeux du physiologiste, le poumon est l'origine et le terme d'un

grand nombre d'actions chimiques accomplies ailleurs, il est bien manifestement l'organe dans lequel le sang prend la teinte écarlate, caractéristique du sang artériel. Pour s'en convaincre, il suffit de mettre à nu le poumon d'une grenouille, et, grâce à la transparence des parties, on parvient à voir le sang, qui y pénètre avec une teinte rouge brun, acquérir en le traversant une assez belle couleur rouge vermeil (1). Sur un chien, adapte-t-on, à l'exemple de Bichat (2), un robinet à la trachée et un autre à la carotide, on constate les qualités artérielles du sang tant que les robinets restent ouverts; mais, lorsque le robinet de la trachée-artère est fermé, et que partant l'air n'arrive plus aux poumons, le sang qui s'écoule de la carotide se fonce de plus en plus, prend, en moins d'une minute, la couleur rouge noirâtre du sang veineux, puis recouvre sa teinte caractéristique presque aussitôt qu'on ouvre derechef le robinet de la trachée.

Le rapport entre le changement de couleur du sang et l'introduction de l'air dans ce liquide avait déjà été signalé par Ch. Fracassati (3), G. Needham (4) R. Lower (5) J. Mayow (6) Cigna (7), Hewson (8), etc. Mais à Priestley (9), qui le premier isola l'oxygène (air déphlogistiqué), revient l'honneur d'avoir démontré que, dans l'air, ce principe seul a le pouvoir de donner au sang veineux la couleur rutilante du sang artériel, et aussi que cette réaction peut s'opérer à travers une membrane organique humide comme au contact direct de l'air avec le sang; tandis qu'en mettant du sang rouge ou artériel en contact avec de l'*air fixe* (acide carbonique), de l'*air inflammable* (hydrogène) ou de l'*air phlogistiqué* (azote), on le voit prendre la couleur brun noirâtre du sang veineux.

Or, ainsi que nous le savons déjà (voy. plus haut, p. 493), l'un et l'autre sang renfermant de l'*oxygène*, de l'*acide carbonique* et de l'*azote*, on est naturellement conduit par ce qui précède à croire que les *quantités relatives de ces gaz* doivent varier suivant l'espèce de sang, et que, par conséquent, le sang artériel doit être celui qui contient de l'oxygène en plus grande proportion. En effet, comme l'ont établi les expériences de Magnus (10), le rapport de l'oxygène à l'acide carbonique, par exemple, est constamment plus considérable dans le sang artériel que dans le sang veineux. Dans les cinq échantillons de sang artériel examinés par l'habile chimiste de Berlin, ce rapport a varié de 0,315 à 0,428 ; dans les cinq échantillons de sang veineux, il est resté compris entre 0,164 et 0,268 : en d'autres termes, le sang artériel renferme à peu près 38 parties d'oxygène pour 100 de gaz acide carbonique ; tandis que le sang veineux, pour 100 parties de ce dernier gaz, ne contient qu'environ 22 parties d'oxygène.

Quant au rapport de l'azote à l'acide carbonique ou à l'oxygène, les résultats,

(1) Ed. Goodwyn, *The Connection of Life with Respiration*, etc. Londres, 1788, trad. franç. par Hallé. Paris, 1798, p. 37.

(2) *Recherches physiologiques sur la vie et la mort*, p. 384 et suiv., 5e édit. Paris, 1829.

(3) *Tetras anatomicarum epistolarum* M. Malpighii, et C. Fracassati : *De lingua et cerebro*. Bologne, 1665, in-12.

(4) *Disquisit. anatom. de formato fœtu*, cap. VI : *De ingressu aeris in sanguine* (*Bibl. anat.* de Manget, t. I, p. 563).

(5) *Tractatus de corde ; item de motu et colore sanguinis et chyli in eum transitu*, cap. III, p. 175 et seq. 1669, in-8.

(6) *Tractatus quinque phys. med., quorum primus agit de sale nitro et spiritu nitro-aero, secundus de respiratione*, etc. Oxonii, 1674.

(7) *De respiratione* (*Miscellanea Soc. Taurin.*, t. V, 1773 ; — *Ibid.*, t. I, p. 68).

(8) *Inquiry into the Properties of the Blood*, p. 8.

(9) *Observ. on Respiration and the Use of Blood* (*Philos. Transact.*, 1776, p. 226).

(10) Poggendorff's *Annalen der Physik und Chemie*, avril 1837, t. LX.

obtenus jusqu'à présent n'ont offert rien d'assez constant pour permettre une conclusion. L'azote a prédominé tantôt dans le sang veineux et tantôt dans le sang artériel. Tout ce qu'on sait, c'est que dans les deux sangs l'azote est constamment en quantité moindre que l'acide carbonique et l'oxygène.

Les recherches de Magnus, tout en jetant une très vive lumière sur les phénomènes fondamentaux de la respiration, laissent donc encore à désirer sous le rapport de la connaissance complète des quantités relatives des gaz dans les deux sangs; connaissance qui pourtant importerait essentiellement à l'étude exacte des précédents phénomènes. Si, dans les expériences de Magnus (qui d'ailleurs n'a point entendu retirer du sang la totalité des gaz qu'il renferme), la *quantité absolue* d'acide carbonique s'est montrée parfois plus grande dans le sang artériel que dans le sang veineux, il importe au moins de rappeler, au point de vue de la théorie de l'échange des gaz dans les poumons, qu'il y a eu toujours plus d'acide carbonique, *par rapport à l'oxygène*, dans le sang veineux que dans le sang artériel, que constamment aussi il y a eu dans ce dernier sang une proportion d'oxygène bien supérieure à celle qui existait dans le sang veineux. Ajoutons qu'évidemment, dans son important travail, Magnus s'est proposé de faire connaître non des quantités absolues, mais bien des quantités relatives.

Puisque le changement de couleur que la respiration fait subir au liquide sanguin est incontestablement dû surtout à l'action de l'oxygène atmosphérique, il nous reste à essayer de pénétrer le mécanisme de cette action.

Et d'abord, nous croyons devoir rappeler, d'une manière rapide, les principaux arguments qui empêchent d'admettre une simple dissolution physique de ce gaz dans le sang. S'il en était ainsi, la pression extérieure restant la même, la quantité d'oxygène absorbé devrait croître en raison directe de la proportion de ce gaz dans le milieu où respire l'animal; tandis qu'au contraire les expériences de Lavoisier, confirmées par celles de Regnault et Reiset, démontrent que l'absorption de l'oxygène reste la même dans une atmosphère qui contient deux et trois fois plus de ce principe que l'air commun. De plus, on sait que la quantité en poids d'un gaz dissous dans l'eau est toujours proportionnelle à la pression extérieure; or, en appliquant cette loi au cas dont il s'agit, on arriverait à cette conséquence, que le sang des habitants des régions où la pression atmosphérique n'est plus guère que de $0^m,380$ (comme pour certaines localités citées précédemment, p. 475) renfermerait moitié moins d'oxygène que le sang des habitants des bords de la mer, où cette pression est de $0^m,760$. Comment admettre que les observateurs n'auraient point été frappés des profondes modifications que des variations pareilles ne manqueraient pas de produire dans le mode d'existence de ces populations?

Mais, sans doute, la précédente loi ne trouve pas ici d'application, parce qu'il y a intervention de quelque affinité chimique. Si l'oxygène n'était que dissous dans le sang, s'il n'était pour ainsi dire que charrié par ce liquide, comment s'expliquer le changement instantané dans la coloration du sang veineux qu'on agite avec de l'air ou mieux encore avec de l'oxygène? Il y a tout lieu de croire qu'outre l'échange qui s'opère alors entre l'acide carbonique de ce sang et l'oxygène, une combinaison instable s'effectue entre ce dernier gaz et quelqu'un des principes constitutifs du sang : beaucoup de physiologistes admettent aujourd'hui comme très probable que l'oxygène du sang se trouve contenu *surtout* dans les globules, et même combiné plus spécialement avec leur hématosine ou matière

colorante. Le premier de ces faits tend à ressortir d'expériences qui consistent, après avoir battu, au contact de l'oxygène, du sang défibriné et encore pourvu de globules, à s'assurer que ce liquide possède, en effet, à l'égard du principe vivifiant de l'air, un pouvoir absorbant presque double de celui que possède un même volume de sérum, sans globules, battu dans le même milieu. Quant au second fait, c'est-à-dire la combinaison particulière de l'oxygène avec l'hématosine, on se rappelle le grand rôle attribué à l'élément principal de cette matière colorante, au *fer*. On a supposé que ce métal existe à l'état de protoxyde dans le sang veineux, et à l'état de peroxyde dans le sang artériel. Les changements de couleur que le sang éprouve dans les poumons seraient l'effet d'une *suroxydation*, et ceux qu'il subit dans la circulation générale, et notamment dans les capillaires, seraient l'effet d'une *réduction*.

Quoi qu'il en soit de cette manière de voir qui est dépourvue de preuves suffisantes, il faut admettre que l'oxygène du sang, s'il est de préférence uni aux globules, s'est engagé dans une combinaison très lâche qui ne l'empêche pas d'attaquer ultérieurement les matériaux combustibles du sang, mais qui sert uniquement à fixer cet agent et à faciliter son transport dans le torrent circulatoire; la force qui retient l'oxygène dans le globule est même assez faible pour permettre à ce gaz de se dégager en totalité, ou du moins en très grande partie, quand on soumet le sang à l'action du vide.

On s'est demandé si la teinte vermeille du sang artériel, au lieu d'être due à la fixation du principe vivifiant de l'air, ne dépendrait pas simplement de l'enlèvement de l'acide carbonique auquel s'est substitué ce principe. Mais, s'il en était ainsi, en expulsant l'acide carbonique du sang à l'aide de l'hydrogène ou de l'azote, on devrait donner à ce liquide la même coloration qu'il prend quand on emploie de l'oxygène dans le même but; or, il est bien certain que cela n'arrive point. D'ailleurs le sang veineux qu'on soumet à l'action de la machine pneumatique, et auquel on enlève ainsi son acide carbonique, ne prend pas la couleur écarlate du sang artériel. Au contraire, comme le sang artériel, soumis à la même épreuve et privé de son oxygène, acquiert une teinte foncée comme celle du sang veineux, on est amené à cette conclusion que la couleur naturelle du sang est celle qui se rencontre dans le sang veineux, et que la teinte écarlate du sang artériel provient sans doute de la combinaison instable de la matière colorante des globules avec l'oxygène.

Diverses expériences ont été faites qui tendent à prouver que ni l'air atmosphérique, ni l'oxygène lui-même ne sont capables de changer la couleur rouge noirâtre du sang veineux, quand ce liquide est une fois privé de sérum et des sels propres à ce dernier; ou bien encore qu'en lavant avec de l'eau distillée bouillie des tranches minces d'un caillot de sang artériel, pour lui enlever son sérum, ce caillot devient foncé comme celui du sang veineux, et qu'il reprend sa teinte écarlate dès qu'on lui rend du sérum (1). Aussi l'artérialisation du sang semble-t-elle être un phénomène complexe qui résulte de l'action exercée par l'oxygène sur les globules sanguins *en présence des sels du sérum*. Parmi les composés salins qui contribuent à conserver l'intégrité des globules, et à entretenir leur propriété de se

(1) W. STEVENS, *Observations on the Healthy and Diseased Properties of the Blood*. London, 1832. — ED. TURNER, *Influence of the Serum in changing the Colour of the Blood* (*Elem. of Chem.*, t. IV; *ibid.*, *Edinb. Med. and Surg. Journ.*, t. XXXIX, année 1833. — HOFFMANN, *The London Med. Gazette*, t. XI, p. 883.

laisser aviver par l'air, on peut citer notamment le carbonate, le phosphate, le chlorhydrate et le lactate de soude qui existent en effet dans le sérum.

Quant à l'acide carbonique, produit ultime des transmutations nutritives que nous savons devoir être éliminé avec la vapeur d'eau, surtout par les voies respiratoires, il ne paraît pas avoir pour les globules la même affinité que présente l'oxygène; l'acide carbonique en a une plus grande, mais non exclusive, pour le sérum : battu au contact d'une atmosphère d'acide carbonique, le sérum sanguin dissout une plus grande quantité de ce gaz que ne le fait un égal volume de sang défibriné, contenant encore ses globules et battu dans les mêmes conditions. Rappelons, en passant, que le phosphate de soude (un des sels du sérum) facilite singulièrement l'absorption de l'acide carbonique par le sang veineux.

Lorsque nous exposerons les *théories physico-chimiques des phénomènes respiratoires*, nous aurons à insister davantage sur le rôle qu'on a attribué aux principaux éléments du sang dans l'absorption ou le dégagement des gaz de la respiration.

Ce n'est pas seulement dans les quantités relatives des gaz contenus dans le sang veineux et le sang artériel que résident les caractères différentiels de ces deux espèces de sangs; d'autres différences, mais peut-être moins importantes, résultent encore des proportions de leurs éléments solides ou liquides.

Le sang artériel contient plus de *fibrine* que le sang veineux : en prenant la moyenne de toutes les observations faites à ce sujet, on a, d'après J. Müller (1), la proportion de 29 : 34 pour la différence du sang veineux et du sang artériel, eu égard à leur contenu de fibrine. — La plupart des analyses s'accordent pour établir que le sang artériel renferme aussi un peu plus de *globules* que le sang veineux (Denis, Lecanu, Prévost et Dumas, etc.) (2). — Quant à l'*albumine*, un des principes essentiels du sérum, elle se présente dans les deux sangs à peu près avec les mêmes proportions. Toutefois il paraît être admis plus généralement qu'il y a un peu moins d'albumine dans le sang artériel que dans le sang veineux. — En général, la quantité d'*eau* contenue dans le sang veineux paraît l'emporter sensiblement sur celle du sang artériel, d'après les expériences de Lecanu (3), de Prévost et Dumas (4), etc. — La proportion des *sels* renfermés dans le sérum est en moyenne de 0,85 pour 100, et le sang artériel est un peu plus riche en sels que le sang veineux (Lehmann). Cependant, d'après Mitscherlich, Tiedemann et Gmelin, il y aurait une proportion plus forte de carbonate alcalin dans le second que dans le premier : en effet, 10 000 parties de sang veineux contiendraient 12,3 d'acide carbonique combiné, et 10 000 parties de sang artériel n'en renfermeraient guère que 8,3. — Quant *aux matières* dites *extractives*, il résulte d'un certain nombre d'analyses qu'elles paraissent être un peu plus abondantes dans le sang veineux que dans le sang artériel.

Le sang artériel offre plus de *tendance à se coaguler* que le sang veineux, il fournit aussi un caillot plus volumineux, et plus ferme; double indice d'une plus grande proportion de fibrine et de globules, proportion plus grande qui existe en

(1) *Manuel de physiol.*, t. I, p. 97, trad. franç. Paris, 1851.
(2) Dumas, *Traité de chimie*, t. VIII, p. 505. Paris, 1846.
(3) Lecanu, *Études chimiques sur le sang humain*. Paris, 1837, n° 395, p. 77.
(4) Dumas, *Traité de chimie*, t. VIII, p. 504. Paris, 1846.

réalité. — Le sang artériel et le sang veineux ont à peu près la même *pesanteur spécifique*, 105,03 : 105,45 selon J. Davy (1). — La *capacité pour le calorique* étant représentée par 839 pour le sang artériel, le serait par 852 pour le sang veineux, d'après le même observateur.

Nous aurons à revenir avec détails, dans le chapitre consacré à la *chaleur animale*, sur la température dans les deux sangs.

En faisant l'analyse élémentaire et comparative du sang artériel et du sang veineux de lapin, parfaitement desséchés dans le vide, Macaire et Marcet fils (2) les ont trouvés différents, quant aux proportions d'oxygène et de carbone : le sang artériel contenait moins de carbone et plus d'oxygène combinés. Évidemment cette donnée est en parfaite harmonie avec les idées qu'on admet le plus généralement aujourd'hui touchant les phénomènes physico-chimiques de la respiration.

Entre le sang veineux et le sang artérialisé ou modifié par la respiration, il paraît exister encore d'autres différences jusqu'ici inconnues dans leur nature : Bischoff (3), par exemple, prétend avoir observé que les oiseaux périssent sur-le-champ lorsqu'on leur injecte dans les veines du sang veineux de mammifère, tandis qu'ils survivent très bien si on leur injecte du sang artériel dans ces mêmes vaisseaux.

Le sang artériel et le sang veineux peuvent être considérés comme différant aussi en ce sens que le premier paraît avoir la même composition dans toutes les divisions du système vasculaire qui lui appartiennent, tandis que le second offre une composition qui varie beaucoup dans diverses parties du corps. En étudiant la *composition générale du sang*, nous avons déjà donné l'analyse du sang veineux provenant de certaines veines, dans le but d'établir les différences qu'il présente avec le sang veineux général ; nous n'avons pas à rappeler ces différences.

C'est surtout en traitant de la *nutrition et de la chaleur animale* que nous nous proposons d'examiner les phénomènes ultérieurs qui résultent de l'introduction de l'oxygène dans le sang. A vrai dire, ceux-ci s'accomplissent dans toutes les parties vivantes, et ne sauraient par conséquent être confondus avec les phénomènes respiratoires proprement dits desquels ils dérivent. Pour le moment, il nous suffit d'avoir reconnu qu'entre le sang qui vient de prendre les qualités artérielles dans les organes de la respiration et le sang qui les a perdues dans les capillaires généraux, s'il y a quelques différences purement accidentelles, il en est aussi d'autres qui sont constantes et fondamentales.

XI. — Après tous les détails historiques et critiques que nous avons donnés sur les changements qu'éprouvent l'air et le sang dans la respiration, il nous sera permis d'abréger beaucoup l'exposé des théories qu'on a émises afin d'expliquer la manière dont s'accomplissent ces changements.

Pour apprécier toute la valeur des recherches des modernes, à ce sujet, il convient de rappeler très sommairement quelles idées régnaient autrefois sur l'*essence et le but* de la fonction respiratoire. — L'air, introduit dans le corps des animaux, était réputé n'avoir d'autre mission que de rafraîchir le sang, d'augmenter sa den-

(1) *Tentamen inaugurale de sanguine*. Edimbourg, 1814.
(2) *Journal de chimie médicale*, t. IX, p. 283, et *Annales de chimie*, t. LI, p. 382.
(3) Cité par Henle, dans *Anat. génér.*, trad. franç. de Jourdan, t. I, p. 485. Paris, 1843.

sité, ou encore de lui enlever certaines vapeurs, afin de le rendre propre à la confection des *esprits vitaux*. — Relativement à la *chaleur innée*, ses partisans n'étaient pas d'accord sur le lieu de son origine : les uns, avec Aristote, prétendaient que le *sang s'échauffe* dans le ventricule droit du cœur; les autres, avec Galien, affirmaient que la source ou le foyer de cette chaleur est dans le ventricule gauche du même organe. Aucun d'eux ne cherchait d'ailleurs à s'expliquer son hypothèse. — Quant à la mort dans l'air confiné, on la supposait dépendre de la diminution de l'élasticité de ce fluide, d'une élévation exagérée de température ou de l'irritation que les vapeurs infectées de cet air occasionnent dans les bronches, qui alors se resserrent et en refusent l'accès, etc. — Comme conséquence de la grande découverte de G. Harvey sur le mouvement circulaire du sang, d'autres physiologistes (iatro-mécaniciens) supposaient que la respiration avait pour but essentiel de déplisser les innombrables vaisseaux du poumon, pour que le sang pût passer des cavités droites dans les cavités gauches du cœur; et les inventeurs de cette hypothèse ne voyaient point que, si elle était fondée, un gaz quelconque devrait convenir tout aussi bien que l'air atmosphérique à un pareil but, ce qui est loin d'avoir lieu. — C'est encore aux iatro-mécaniciens que la transformation du sang noir en sang rouge, dans les capillaires du poumon, paraissait due au frottement et à la chaleur qui devait en résulter, etc.

Admises par divers auteurs qui tour à tour s'en montrèrent aussi satisfaits que s'il se fût agi de vérités incontestablement démontrées, de semblables théories, conçues dans l'ignorance ou l'oubli de toute saine notion de physique et de physiologie, ne méritent guère qu'on les discute. Aussi avons-nous hâte de passer outre, pour arriver à une autre époque où l'on soupçonna que, dans l'acte de la respiration, l'air mis en rapport avec le sang cède un *principe particulier* qui se combine avec certains éléments de ce liquide. Cette époque précéda l'ère du créateur de la chimie moderne, si féconde en beaux résultats, et dans laquelle devait se produire la *théorie vraie de la respiration.*

Commençons par payer, de nouveau, un juste tribut d'éloges et d'admiration à Jean Mayow (1) qui, mort à trente-quatre ans, fut le précurseur des fondateurs de la chimie pneumatique. Déjà, pour lui, l'air est un *composé* gazeux qui renferme un principe (*gaz* ou *esprit nitro-aérien* ou *igno-aérien*) apte à entretenir la vie en passant dans le sang par la respiration, et produisant ainsi la *rutilance* du sang artériel, une *fermentation* et la *chaleur animale.* Ce même principe, ajoute J. Mayow, s'unit, dans la combustion, au corps qui est brûlé; il engendre les acides en se combinant avec certains corps (tels que le soufre, etc.), et, condensé dans le *sel de nitre*, il fait qu'un mélange de ce dernier et de soufre peut brûler dans le vide; c'est encore le *gaz* ou *esprit nitro-aérien* de l'air qui se combine avec le fer pour donner naissance à la rouille. Enfin, suivant le même auteur, quand on a soumis un corps à la combustion en vase clos, l'air qui reste (bien différent de l'esprit nitro-aérien qui s'est uni au corps brûlé) ne peut ni alimenter la combustion, ni entretenir la vie. — Or, traduisons les mots *principe igno-aérien*, *gaz* ou *esprit nitro-aérien*, par *oxygène*, et nous aurons le fondement de tout l'édifice de la chimie moderne, le principal fragment de la théorie actuelle des rapports des êtres vivants avec l'atmosphère.

Assurément c'était là une idée féconde à substituer à de stériles théories;

(1) *Tractatus quinque physico-medici, quorum primus agit de sale nitro et spiritu nitro-aero, secundus de respiratione*, etc. Oxonii, 1674.

mais, avant qu'on en reconnût tout le prix, il s'écoula environ un siècle, et il fallut les mémorables travaux de Jos. Black, ceux de Priestley, de Scheele et de Lavoisier, pour révéler tout ce qu'il y avait d'admirable dans les prévisions de J. Mayow. — Black (1) a reconnu que si, par le fait de la respiration de l'homme et des animaux, l'air cesse d'être respirable, c'est qu'il s'y mêle une quantité notable d'acide aérien ou acide carbonique. — A Priestley (2) revient la gloire d'avoir *isolé*, le premier, le principe entrevu par Mayow, et auquel fut donné bientôt le nom définitif *d'oxygène*. C'est encore le même savant qui démontra que, pour restituer à l'air vicié par la respiration ses propriétés primitives, il suffit de le tenir pendant quelques jours en contact avec des plantes en pleine végétation; que l'air et l'oxygène seuls ont le pouvoir de donner au sang veineux la couleur rutilante du sang artériel, et que cette réaction peut s'opérer à travers une membrane organique humide comme au contact direct de l'air avec le sang. — Quant à Lavoisier (3), l'auteur de la grande découverte de la *Composition de l'air* (*), ses travaux forment, avec les conclusions que son génie a su en faire jaillir, un magnifique ensemble ayant pour but d'expliquer à la fois les phénomènes de la combustion et ceux de la respiration : aussi, à peine la composition de l'air lui fut-elle connue, qu'il constata l'*absorption de l'oxygène* dans la respiration de l'homme et des animaux; et, comme il venait de démontrer que l'*acide carbonique* est un composé d'oxygène et de carbone, il sut bientôt relier la production et l'exhalation de ce gaz acide à l'absorption de l'oxygène; il ramena les phénomènes chimiques de la respiration à une double combustion de carbone et d'hydrogène, et en effet établit définitivement sur des preuves expérimentales (voir plus haut, p. 519) l'analogie entre la respiration et la combustion, analogie sur laquelle se fonde la *théorie chimique de la respiration*, généralement admise de nos jours, et encore debout malgré les attaques dont elle a été l'objet.

« La respiration, dit Lavoisier (4), n'est qu'une combustion lente de carbone et d'hydrogène, qui est semblable en tout à celle qui s'opère dans une lampe ou dans une bougie allumée; et, sous ce point de vue, les animaux qui respirent sont de véritables corps combustibles qui brûlent et se consument.

» Dans la respiration, comme dans la combustion, c'est l'air de l'atmosphère qui fournit l'oxygène et le calorique : mais, comme dans la respiration, c'est la substance même de l'animal, c'est le sang qui fournit le combustible, si les animaux ne réparaient pas habituellement par les aliments ce qu'ils perdent par la respiration, l'huile manquerait bientôt à la lampe, et l'animal périrait, comme une lampe s'éteint lorsqu'elle manque de nourriture.

» Les preuves de cette identité d'effet entre la respiration et la combustion se déduisent immédiatement de l'expérience. En effet, l'air qui a servi à la respiration ne contient plus, à la sortie du poumon, la même quantité d'oxygène; il contient non-seulement du gaz acide carbonique, mais encore beaucoup plus d'eau qu'il n'en contenait avant l'inspiration. Or, comme l'air vital (oxygène) ne peut se convertir en acide carbonique que par une addition de carbone; qu'il ne peut se

(1) *Lectures on the Elem. of Chem.*, etc. Londres, 1803.
(2) *Expér. et observ. sur les différ. espèces d'air*, trad. franç. de GIBELIN. Paris, 1777, t. II, p. 41 et suiv.
(3) *Mém. de l'Acad. des sciences de Paris*, 1775, p. 520. — *Ibid.*, 1777, p. 183 et suiv. — *Ibid.*, 1780, p. 355 et suiv. — *Ibid.*, 1789, p. 568, 574, etc. — *Ibid.*, 1790, p. 607.
(*) Voir plus haut, p. 465.
(4) *Mém. de l'Acad. des sciences de Paris*, année 1789, p. 570 et suiv.

convertir en eau que par une addition d'hydrogène; que cette double combinaison ne peut s'opérer sans que l'air vital (oxygène) perde une partie de son calorique spécifique; il en résulte que l'effet de la respiration est d'extraire du sang une portion de carbone et d'hydrogène, et d'y déposer à la place une portion de son calorique spécifique qui, pendant la circulation, se distribue avec le sang dans toutes les parties de l'économie animale, et y entretient cette température à peu près constante que l'on observe dans tous les animaux qui respirent.

» En rapprochant ces réflexions des résultats qui les ont précédées, ajoute Lavoisier (1), on voit que la machine animale est principalement gouvernée par trois régulateurs principaux : la *respiration*, qui consomme de l'hydrogène et du carbone, et qui fournit du calorique; la *transpiration*, qui augmente ou diminue suivant qu'il est nécessaire d'emporter plus ou moins de calorique; enfin, la *digestion*, qui rend au sang ce qu'il perd par la respiration et la transpiration. »

En lisant ces lignes qui résument si bien la théorie de Lavoisier sur la respition, comment ne pas admirer la netteté avec laquelle s'y trouvent formulées tout d'abord des idées que, depuis bientôt un siècle, les physiologistes poursuivent encore en s'inspirant du génie de leur auteur?

On a reproché à Lavoisier de s'être trompé en adoptant le poumon comme siége exclusif de la combustion. Mais, après tout, en quoi se trouve donc tant compromise son idée principale, parce que l'acide carbonique exhalé des voies aériennes ne provient point (au moins pour la plus grande partie) d'une combustion opérée directement au sein même du poumon? Ce qui importe à la doctrine de Lavoisier, c'est que, par suite de l'absorption de l'oxygène atmosphérique dans la respiration, cette exhalation d'acide carbonique résulte en effet *principalement d'une combustion* accomplie en quelque endroit de l'organisme. D'ailleurs Lavoisier luimême (2), avec cette sage réserve qui lui est ordinaire, n'avait pas manqué de donner comme provisoires les détails de sa doctrine. La combustion directe, dans le poumon lui-même, lui semblait *seulement plus probable* que les autres manières d'interpréter l'action de l'oxygène sur le sang; aussi l'avait-il adoptée *provisoirement*.

Quoi qu'il en soit, il est certain qu'on ne saurait plus partager aujourd'hui ce dernier sentiment de Lavoisier. Au contraire, il est généralement admis que le poumon n'est pas le siége exclusif de la combustion qui suit l'introduction de l'oxygène dans le sang, que cette oxydation s'accomplit partout; que ses produits se retrouvent dans la masse générale du sang, et qu'ils continuent à s'exhaler par les poumons, quand bien même l'absorption de l'oxygène par ces organes vient à être suspendue. — Donnons maintenant les preuves expérimentales de cette opinion :

Et d'abord, si l'on place des limaçons ou des grenouilles dans de l'hydrogène ou de l'azote extrêmement purs (en ayant soin de comprimer ces dernières sous le mercure pour expulser tout l'air qui se trouve dans leurs poumons), on constate que, quand ces animaux ont séjourné quelques heures dans les tubes ou sous les cloches, ils ont expiré un volume d'acide carbonique correspondant à peu près au volume normal : or, il est bien évident que cet acide préexistait, qu'il a

(1) *Mém. et rec. cit.*, p. 580.
(2) *Mém. et rec. cit.*, p. 583. — Voir aussi le *Mém.* de 1790, p. 607. (*Mém. de l'Acad. des sciences de Paris.*)

été déplacé par l'hydrogène ou l'azote, qui n'ont pu lui donner naissance, et que, par conséquent, il doit avoir une origine autre qu'une combustion opérée *à l'instant* au sein même du poumon ou pendant l'acte respiratoire. — C'est Spallanzani (1) qui, le premier, à l'aide de ses expériences sur des limaçons, a démontré que l'acide carbonique ne se forme pas directement dans le poumon, ainsi que le supposait Lavoisier, mais que, conformément aux idées énoncées par Lagrange (2), il est apporté tout formé à cet organe et simplement exhalé par lui, en même temps que l'oxygène est absorbé. Puis, sont venues les expériences confirmatives de W. Edwards (3) sur une grenouille qui, plongée dans de l'hydrogène pur, avait expiré, en huit heures et demie, un volume d'acide carbonique *supérieur* à celui de son corps. Des résultats analogues ont été obtenus par le même observateur sur d'autres reptiles, sur des poissons, des mollusques, et sur un jeune chat de trois ou quatre jours. On doit aussi à Collard de Martigny (4) des recherches faites sur des grenouilles : « L'acide carbonique expiré, dit-il, est un produit de la décomposition assimilatrice, *sécrété* dans les capillaires généraux et *excrété* par le poumon. » En opérant également sur des grenouilles, J. Müller et Bergemann (5) ont confirmé le résultat déjà trouvé par Spallanzani, savoir, que les animaux à sang froid continuent d'exhaler de l'acide carbonique dans une atmosphère qui ne renferme pas d'oxygène, et que la quantité de cet acide égale *presque* celle qu'ils produisent en respirant dans l'air ordinaire. Enfin Bischoff (6) a trouvé, de son côté, que des grenouilles auxquelles on a lié et enlevé les poumons continuent d'exhaler de l'acide carbonique par la peau, aux dépens de l'oxygène accumulé dans le sang par les respirations antécédentes.

Une autre preuve que la combustion du *carbone* et de l'hydrogène du sang ne s'effectue pas seulement dans le poumon, mais qu'elle a lieu dans le torrent circulatoire, et surtout dans les capillaires généraux, au moment de la transformation du sang artériel en sang veineux ; une autre preuve de cette vérité, dis-je, a été fournie par la découverte de la présence des gaz dans le sang, et notamment de la *préexistence de l'acide carbonique* dans le sang veineux.

L'acide carbonique n'étant décidément pas produit dans les organes respiratoires au moment même de son exhalation, le rôle spécial de ces organes se borne, par conséquent, à représenter des surfaces d'absorption et d'exhalation où le sang vient *échanger*, contre l'oxygène atmosphérique, les gaz qu'il tient lui-même en dissolution. Par conséquent aussi, au lieu d'être localisé en entier dans la trame des capillaires pulmonaires, le travail d'oxydation préparatoire de toute assimilation, de toute nutrition, de toute sécrétion, doit se trouver transporté, pour la plus grande part, à l'autre extrémité du trajet circulatoire, c'est-à-dire dans les capillaires généraux.

Mais toute action oxydante régulière a toujours son *point de départ* dans le fonctionnement normal de l'important viscère chargé d'absorber l'oxygène atmosphérique, le poumon chez les animaux supérieurs. — Sur la membrane des aréoles pulmonaires, les vaisseaux sanguins épanouissent leurs plus fines ramifi-

(1) SPALLANZANI, *Mémoire sur la respiration*, p. 343.
(2) HASSENFRATZ, *Annales de chimie*, t. IX, p. 261. — *Mém. lu à l'Acad. des sciences de Paris*, en janvier 1791.
(3) *Influence des agents physiques sur la vie*, p. 441, 454. Paris, 1824.
(4) *Journal de physiol. expérim.* de MAGENDIE, t. X, p. 111 à 161.
(5) J. MÜLLER, *Manuel de physiol.*, t. I, p. 254. Paris, 1851, trad. franç. de JOURDAN, revue par LITTRÉ.
(6) Cité par J. MÜLLER, *loc. cit.*

cations dans lesquelles le sang acquiert une coloration vermeille; et ce changement, l'air l'accomplit quoiqu'il ne soit pas en contact immédiat avec le sang (*). De même, si l'on renferme du sang veineux dans une vessie de *baudruche humide*, suspendue au milieu d'une cloche pleine d'oxygène, on voit ce liquide rougir peu à peu à travers la mince membrane qui l'entoure. Mais, dans cette expérience, le changement de couleur du sang ne va guère au delà des parties qui sont en contact immédiat avec la baudruche, et la masse intérieure ne le subit que très tard ou même ne l'éprouve pas du tout. Dans les poumons, au contraire, la division extrême des vaisseaux fait que la masse entière du sang se trouve, pour ainsi dire, développée en *surface;* d'où la possibilité d'une oxygénation bien autrement rapide et complète. Nul doute, par conséquent, qu'on ne doive se représenter les organes respiratoires, et le poumon en particulier, comme un admirable artifice anatomique ayant pour but de multiplier à l'infini les rapports de l'air avec le fluide sanguin.

Avant qu'on eût acquis la certitude de l'existence de gaz dans le sang lui-même, on s'était borné à constater le phénomène le plus visible de la précédente expérience, sans aller au delà. On doit à Rogers (de Philadelphie) (1), d'avoir démontré, par l'analyse, que si, en pareil cas, l'oxygène de la cloche diminue, il y est remplacé par une quantité presque équivalente en volume d'acide carbonique : le sang contenu dans la vessie, en même temps qu'il absorbe de l'oxygène, laisse donc de l'acide carbonique se dégager dans la cloche.

Cette absorption et cette exhalation ont lieu conformément aux lois de la dissolution des gaz, qui n'est qu'une *diffusion* accélérée ici par l'*endosmose :* de là ce double mouvement qui fait que les gaz libres se répartissent de manière à exister, dans la cloche et dans le sang, en proportions déterminées et réglées, en partie, par leurs solubilités respectives.

Or, c'est aussi par l'entremise d'une membrane humide d'une extrême ténuité que, dans les organes respiratoires, l'air riche en oxygène et le sang veineux chargé d'acide carbonique libre sont mis en présence. De l'expérience qui précède il ne faudrait pourtant pas conclure que, là aussi, puisque l'acide carbonique en excès dans le sang veineux est exhalé au dehors, tandis que l'oxygène est absorbé et dissous dans le liquide sanguin, l'hématose pulmonaire est un fait purement physique. Sans doute les lois physiques interviennent ici pour leur part; mais déjà (p. 582) nous avons fait valoir les arguments qui empêchent de regarder l'absorption de l'oxygène dans le poumon comme résultant d'une simple dissolution physique, et nous avons donné les preuves qui établissent que l'absorption de ce gaz par le sang veineux dépend aussi et surtout d'une action chimique. Il n'y a pas lieu de revenir sur ces preuves, mais seulement de rappeler que, quant à l'oxygène, la combinaison accomplie est assez instable pour ne pas empêcher l'action ultérieure de ce gaz sur les matériaux du sang.

Une fois introduit dans le sang, l'*oxygène* (qui se trouve fixé surtout par les globules et qui paraît combiné plus spécialement avec leur hématosine ou matière colorante) voyage avec ces globules, et parvient avec eux dans les capillaires généraux. Là s'accomplissent des transformations, des dédoublements, des combustions

(*) Précédemment (p. 580 et suiv.) nous avons recherché quelle peut être la cause de la teinte écarlate que prend le sang qui a subi l'action de l'air dans le poumon.

(1) *Experiments upon the Blood* (*American Journal of Med. Sc.*, t. XVIII, p. 277).

complètes ou incomplètes, qui se lient à la fois aux besoins de la nutrition et à la nécessité de l'élimination de matériaux inutiles ou usés par le mouvement de la vie; là aussi les globules cèdent leur oxygène, perdent leur couleur rutilante et vermeille, pour reprendre la couleur rouge-brun qu'ils ont dans le sang veineux. Alors s'est opérée la séparation entre les produits qui doivent être utilisés par l'organisme et ceux qui doivent être expulsés.

Parmi ces derniers produits, les uns s'exhalent par les surfaces respiratoires, et sont constitués par de l'*acide carbonique*, de l'*eau* et de l'*azote libre;* les autres s'échappent par le rein et d'autres voies d'excrétion. Ceux-ci contiennent aussi de l'azote, de l'oxygène, de l'hydrogène et du carbone, mais engagés dans des combinaisons moins simples, et associés de manière à constituer les principes organiques immédiats de la masse excrémentitielle.

C'est assurément l'oxygène qui est l'agent essentiel de toutes les transformations que les matériaux ternaires ou quaternaires fournis par le travail digestif, et aussi les matières organiques incessamment séparées des tissus de l'économie, doivent subir dans le liquide sanguin. Mais, avant qu'apparaisse la forme définitive sous laquelle les uns doivent être employés et les autres rejetés comme inutiles ou nuisibles, que d'états intermédiaires, que de métamorphoses, suite d'oxydations ou de combustions lentes et successives, nous restent encore inconnus!

Pour ne parler que des produits à excréter, qui tous semblent dériver des éléments du sang par voie d'oxydation, il est manifeste qu'ils sont destinés les uns à chasser au dehors l'*hydrogène* et le *carbone* et les autres à éliminer l'*azote*, c'est-à-dire des principes dont l'excédant ne saurait servir à l'organisme. Or, nous savons déjà que, pour l'hydrogène et le carbone, leur forme ultime d'élimination est représentée par de l'*acide carbonique* et de l'*eau*, dans lesquels on trouve la totalité de l'oxygène absorbé, et dont la production s'accompagne d'un dégagement de chaleur. Quant à l'*azote*, il est exhalé *à l'état libre* (*), lorsqu'il provient soit de la destruction complète d'une certaine proportion des substances azotées du sang, soit d'une simple transformation des matières alimentaires azotées en produits ternaires ; ou bien l'azote est expulsé, à l'*état de combinaison*, sous forme d'acides *cholique* et *choléique* par le foie ; d'acide *hydrotique* par la peau ; d'*urée*, d'acides *urique* et *hippurique* par le rein.

Mais le principal émonctoire de l'azote est évidemment le rein. De même que le poumon est le siége d'un simple travail d'échange entre l'acide carbonique exhalé et l'oxygène absorbé, de même le rein est le siége de la séparation de l'urée. La production de l'urée a lieu, comme celle de l'acide carbonique, dans le système sanguin capillaire, et le rein est à l'*urée* ce que le poumon est pour l'*acide carbonique*, un organe d'élimination. Aussi, sur des chiens, a-t-on vu l'urée se former et s'accumuler dans le sang, après l'extirpation des reins (Prévost et Dumas), comme chez des grenouilles on a vu, après l'excision des poumons, l'acide carbonique continuer à se produire aux dépens de l'oxygène accumulé dans le sang par les respirations antécédentes, et s'exhaler par d'autres surfaces respiratoires (Bischoff, *loc. cit.*).

« Tout ce que les physiologiste ont constaté, tout ce que les chimistes savent

(*) Voir plus haut (page 405), ce que nous avons dit de l'*azote contenu dans le sang*.

relativement à la respiration, se traduit, en définitive, en une seule pensée : *combustion lente des matériaux du sang par l'oxygène de l'air ambiant* (1). »

Nous avons laissé entrevoir, plus haut, que la doctrine de Lavoisier, qui *assimile la respiration à une combustion*, avait trouvé quelques rares opposants.

Ces derniers, s'attachant surtout à la nature des métamorphoses ou des états intermédiaires par lesquels passent les substances organiques contenues dans le sang, pour se résoudre en eau, en acide carbonique, en azote, etc., et produire de la chaleur, prétendent que ce n'est qu'en faussant le sens du mot *combustion* (*) qu'on est arrivé à l'employer pour désigner cette série d'actes chimiques que, suivant eux, l'oxydation ne serait pas d'ailleurs seule à pouvoir produire. Ils invoquent notamment ces actions mystérieuses qu'on a appelées *actions ou effets de contact*, pour se rendre compte de la succession des changements dont le dernier serait la décomposition directe des carbonates au fur et à mesure de la formation ou de l'arrivée dans le sang de divers acides. L'acide *lactique* et l'acide *pneumique* (2) constitueraient deux de ces corps intermédiaires provenant de la transformation de substances ternaires ou bien de substances azotées. De l'action de ces acides résulteraient un dégagement de gaz carbonique et la formation de sels « qui sont directement rejetés au dehors (*urates*, par exemple), ou passent dans l'économie à un autre état spécifique (*pneumate de soude*), ou, comme les lactates, passent en définitive, par catalyse dédoublante, à l'état de carbonates, pour être décomposés de nouveau peu à peu par les acides pneumique, lactique, etc. (3). »

On ne saurait voir ici autre chose qu'une série d'affirmations dénuées de preuves suffisantes pour être acceptées dans la science (**). En présence de ces deux faits incontestables, l'absorption incessante de l'oxygène et l'élimination de produits de combustion complète ou incomplète, l'idée fondamentale de la doctrine de Lavoisier doit rester, pour le physiologiste, l'expression de la vérité.

Puisque, d'après la théorie généralement admise, la respiration, envisagée dans un de ses caractères essentiels, consiste dans un échange de gaz établi entre l'*air et le sang*, il importe (maintenant que nous avons fait connaître (***) la constitution normale de ces deux fluides, ainsi que les changements introduits par la respiration dans les propriétés et la composition de l'un et de l'autre), il importe, disons-nous, de chercher à déterminer *le rôle des principaux éléments du sang dans l'absorption ou le dégagement des gaz de la respiration.*

Une pareille étude nous semble devoir compléter utilement l'exposé de la théorie de cette fonction.

Nul doute que le sang n'ait, pour les gaz qui interviennent dans la respiration (oxygène, acide carbonique et azote), une propriété absorbante toute différente du

(1) Dumas, *Traité de chimie appliquée aux arts*. Paris, 1846, t. VIII, p. 459.

(*) Depuis Lavoisier, on est convenu d'appeler *combustion*, toute combinaison lente ou rapide de l'oxygène et d'un autre corps.

(2) Verdeil, *Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences de Paris*, 1851, t. XXXIII, p. 604.

(3) Robin et Verdeil, *Traité de chim. anatom. et physiol.* Paris, 1853, t. II, p. 462.

(**) D'après les récentes recherches de Cloetta, le prétendu *acide pneumique* a été reconnu pour être de la *taurine* (*Journal für praktische Chemie*, t. LXIV, p. 241, année 1855).

(***) Voir plus haut, p. 464, 481, 516, 579.

pouvoir dissolvant de l'eau pure. Cette différence, qu'on ne saurait rapporter tout entière aux globules, paraît tenir à l'influence des principes solubles que le sang renferme, principes qui feraient entrer les précédents gaz dans une sorte de combinaison, plutôt que dans une dissolution véritable, puisque les volumes dissous n'obéissent plus à la loi de Dalton.

Savoir quels sont, parmi les principes solubles du sang, ceux qui servent à cette partie de la fonction, et ceux qui pourraient manquer sans qu'elle fût troublée, c'est-à-dire connaître, sous ce point de vue particulier, le rôle de chaque élément principal du sang : tel est le but d'intéressantes recherches analytiques que E. Fernet (1) a accomplies dans ces dernières années, et qui ont été confirmées par les expériences de Lothar Meyer (2) sur le sang tel qu'il existe dans l'économie.

La méthode, employée par Fernet, consiste à prendre des dissolutions diversement concentrées des principaux sels qu'on trouve dans le sang, et à déterminer les coefficients d'absorption de l'oxygène, de l'azote et de l'acide carbonique dans ces dissolutions.

Ne pouvant entrer ici dans le détail des manipulations de chaque expérience, nous allons nous borner à donner sommairement les principaux résultats qui sont dus à la fois aux recherches de Fernet, et à celles que Lothar Meyer a faites de son côté en se servant, avec quelques modifications, de la méthode publiée par Fernet dans sa note de 1855 (*).

Certains éléments minéraux du sérum sanguin augmentent *de moitié* le pouvoir absorbant de ce liquide à l'égard de l'*acide carbonique*, en exerçant sur ce gaz une véritable action chimique : une pareille action est principalement due à la présence de deux genres de sels, les phosphates et les carbonates alcalins. Ajoutons que la présence de ces sels tend au contraire à diminuer le coefficient de *solubilité propre*, comme Fernet l'a constaté et comme d'ailleurs cela paraît être pour la plupart des corps dissous : c'est donc bien l'intervention de l'action chimique qui ici rend, en définitive, la quantité de gaz *absorbée* beaucoup plus considérable que dans l'eau pure.

Un accroissement ou une diminution dans la quantité de l'un de ces sels (variations observées dans les recherches de pathologie ou de physiologie comparée) détermine, soit un accroissement, soit une diminution dans le pouvoir absorbant total du sérum pour l'acide carbonique, et par conséquent dans la rapidité avec laquelle ce gaz est transmis des organes à l'air extérieur, par l'intermédiaire du sang (Fernet).

(1) E. Fernet, *Note sur la solubilité des gaz dans les dissolutions salines, pour servir à la théorie de la respiration* (*Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences de Paris*, 31 décembre 1855, t. XLI, p. 1237 et suiv.).

Cette note a précédé de plus de deux ans l'excellente *Thèse inaugurale* de Fernet sur le même sujet; thèse à laquelle nous empruntons la plupart des détails contenus dans ce chapitre. (*Thèses de la Faculté des sciences de Paris*, n° 210, 11 mai 1858, et *Annales des sciences naturelles*, 4e série, *Zoologie*, t. VIII, p. 125.)

(2) Lothar Meyer, *Die Gase des Blutes*. — *Inauguraldissertation der hohen medicinischen Fakultät Würzburg*. Göttingen, 1857.

(*) *Rapport sur une réclamation de priorité adressée à l'Acad. des sciences de Paris* par M. Lothar Meyer, à propos d'un travail de M. Fernet (*Comptes-rendus des séances*, t. XLVIII, p. 38). — *Ibid.*, t. XLVII, 2 août 1858, *Rapport* de M. Balard sur le précédent travail.

L'acide carbonique absorbé par ces solutions salines, bien qu'il doive être considéré comme obéissant à une loi plus complexe que celle de la dissolution, peut néanmoins être dégagé d'une manière complète sous l'influence des causes qui détruisent complétement la dissolution elle-même, c'est-à-dire le vide aussi parfait que possible, ou ce qui revient au même, le passage continu d'un gaz étranger. Dans ces deux cas, il se comporte donc, au point de vue du résultat définitif, absolument comme un gaz dissous. — Il importe d'ailleurs de se rappeler, à cette occasion, que, d'après les expériences de H. Rose (1) et de Marchand (2) surtout, les carbonates alcalins, après avoir absorbé de l'acide carbonique pour se transformer en sesquicarbonates ou en bicarbonates, peuvent, quand ils sont en dissolution, s'en séparer sous l'action du vide ou par le passage d'un autre gaz ; il faut aussi savoir qu'en pareil cas, à la température de 38 à 40 degrés centigrades, la transformation des bicarbonates en carbonates, et partant le dégagement d'acide carbonique, ont été reconnus très faciles. On comprend tout de suite les applications de ces données à la respiration, c'est-à-dire à l'échange gazeux que cette fonction est chargée d'accomplir.

L'influence des mêmes sels (carbonates et phosphates alcalins) sur l'*absorption de l'oxygène* a beaucoup moins d'importance, au dire de Fernet : elle diffère surtout de la précédente par la faible valeur de l'accroissement donné au pouvoir absorbant total de l'eau pure, par ces deux groupes de sels. La conséquence de la présence de l'un d'eux est pourtant toujours un petit accroissement dans le pouvoir absorbant. Le gaz absorbé peut d'ailleurs se dégager entièrement dans une atmosphère où la pression de ce même gaz est sensiblement nulle.

L'*absorption ou le dégagement de l'azote* ne paraissent pas, suivant Fernet, éprouver de modifications appréciables, par la dissolution dans l'eau des précédents sels.

Les phosphates et les carbonates alcalins semblent avoir, nous l'avons vu, une même action sur l'*absorption de l'acide carbonique :* ils fixent, d'une manière au moins passagère, un certain volume de ce gaz à l'état de combinaison, en proportions définies. Ce ne sont pas des poids égaux de ces deux sels qui doivent produire un même effet ; mais, dit Fernet, « un équivalent chimique de phosphate de soude ordinaire absorbe, à l'état de combinaison, la même quantité d'acide carbonique que deux équivalents de carbonate de soude. »

On comprend dès lors comment les carbonates alcalins peuvent être remplacés dans le sang par des phosphates, sans qu'il en résulte de variations graves dans les usages fonctionnels du fluide nourricier. Des recherches, faites à un tout autre point de vue, ont précisément démontré qu'il existe, entre les proportions de chacun d'eux, une sorte de compensation, de façon que l'accroissement des uns concorde, dans l'état normal, avec le décroissement des autres : c'est ce que démontre, par exemple, la comparaison des analyses du sang normal des herbivores et des carnivores, ou du sang d'un même animal soumis à différents régimes. — D'un autre côté, les quantités de ces deux genres de sels, pris ensemble, ont toujours été moindres dans les cas pathologiques assez nombreux où la combustion physiologique paraît entravée.

Quant aux dissolutions des chlorures du sérum, et du chlorure de sodium en

(1) Poggendorff's *Ann.* Leipzig, 1835, t. XXXIV, p. 149.
(2) *Journ. für prakt. Chem.* Leipzig, 1845, t. XXXV, p. 385.

particulier, l'absorption gazeuse y suit la loi de la dissolution proprement dite, et ne paraît se compliquer d'aucune action chimique, en sorte que le volume de gaz absorbé est toujours moindre que pour l'eau pure. Cette diminution est assez considérable pour que, dans les limites même des variations constatées par la pathologie ou la physiologie comparée, un accroissement dans la proportion de chlorures entraîne une diminution dans le pouvoir dissolvant proprement dit, pour tous les gaz de la respiration; et *vice versâ*. Or, on sait que, dans le choléra et le scorbut notamment, la proportion de chlorures augmente dans le sang d'une manière très sensible, et des expériences comparatives ont appris qu'en effet l'absorption d'oxygène et le dégagement d'acide carbonique sont notablement diminués (J. Davy, Rayer, Doyère, *loc. cit.*).

C'est principalement sur l'absorption de l'oxygène que paraît influer la présence des chlorures, et l'on doit regarder les variations dans les quantités relatives de ce genre de sels comme diminuant la pénétration de l'oxygène dans le liquide où nagent les globules. Ceux-ci, nous le savons déjà, ont une affinité spéciale pour ce gaz, affinité assez faible toutefois pour être vaincue par l'action du vide; au contraire, ils n'exercent pas sur l'acide carbonique d'action chimique capable de modifier beaucoup les quantités de gaz absorbées.

D'après L. Meyer, l'absorption de l'oxygène par le sang dépend, pour la plus faible partie seulement, de la pression exercée par ce gaz à la surface du liquide: en outre, à mesure que le sang acquiert de l'eau, et perd par conséquent des quantités relatives du principe (globules) qui fixe l'oxygène, les quantités absorbées indépendantes de la pression décroissent, celles qui entrent en dissolution proprement dite augmentent. L. Meyer explique ainsi l'affaiblissement graduel de la respiration après des saignées fréquemment répétées, l'expérience ayant démontré que le sang contient alors des proportions d'eau de plus en plus considérables. Chacun connaît l'influence de la quantité des globules sur la consommation d'oxygène dans l'acte de la respiration, les coïncidences observées entre la diminution des globules et le ralentissement de cette fonction, ou réciproquement.

En terminant cet exposé, nous croyons pouvoir répéter avec Fernet, que « le sérum n'est pas seulement un liquide contenant les éléments de la nutrition, et d'une densité telle, que les globules puissent s'y conserver. C'est encore un liquide dont la constitution chimique est appropriée au maintien d'un équilibre particulier pour chacun des gaz auxquels il doit servir de véhicule; de façon que, si la constitution chimique du sérum venait à être modifiée, les globules conservant néanmoins leur intégrité, il n'en résulterait nullement que la respiration dût pour cela s'effectuer comme par le passé. Tout porte à croire, au contraire, que les perturbations apportées dans la respiration, par des changements dans les proportions des matières dissoutes, sont dues bien plutôt à une différence d'action du liquide sur les gaz, qu'à une différence de densité altérant la constitution des globules. » — Le volume d'oxygène fixé par ces derniers est environ vingt-cinq fois égal au volume qui est dissous dans le sérum; aussi, d'après le même observateur, paraît-il permis de voir dans les *globules* le véritable régulateur de la respiration, et d'admettre que c'est à leur présence dans le sang que l'homme ou les animaux supérieurs doivent d'absorber, à très peu près, la même quantité d'oxygène, quelle que soit la pression, sur le sommet des montagnes et dans les plaines, etc.

EFFETS PRODUITS PAR LA SUSPENSION DE LA RESPIRATION, L'INSUFFISANCE OU LA VICIATION DE L'AIR.

Nous avons vu que la fonction respiratoire se retrouve chez tous les êtres vivants, aquatiques ou aériens, et surtout qu'elle représente une des conditions fondamentales de leur existence. Déjà aussi nous avons étudié l'action qu'exerce sur l'organisme animal chacun des principes gazeux contenus dans l'air, et même l'influence de plusieurs autres gaz (protoxyde d'azote, hydrogène, etc.) qui sont étrangers à la composition de ce vaste milieu respirable (voir plus haut, p. 435, 458 et suiv.) : il est résulté de cette étude que l'*air*, libre comme il l'est dans l'atmosphère ou bien modifié et dissous dans l'eau, est *seul* propre à l'entretien normal et continu de la respiration des animaux, et que s'il peut être suppléé par l'un de ses principes, l'*oxygène* pur, ce n'est que dans les limites de durée que comporte ordinairement une expérience de laboratoire. Enfin, nous avons dit (p. 510) quel est le volume d'air nécessaire pour les besoins de la respiration humaine, quel est aussi le genre d'altération qui rend irrespirable l'air qu'ont déjà respiré les animaux ou l'homme ; et nous avons insisté sur cette admirable harmonie de la Nature qui veut que la respiration *diurne* des plantes représente, en sens inverse, celle des animaux et qu'elle en compense les effets dans l'atmosphère.

Il nous reste à faire connaître les *phénomènes*, différents suivant l'espèce animale, qui résultent soit de la *suspension de la respiration*, soit de l'*insuffisance* ou de la *viciation de l'air.*

A. — Le maintien de la vie se montre d'autant plus dépendant de l'intégrité de la respiration, que l'organisation des animaux est plus parfaite, que leur température et les combustions de nutrition sont plus développées. Les différences d'âge, dans une espèce donnée, doivent aussi être prises en considération.

Chez un mammifère adulte (chien, par exemple) s'oppose-t-on à l'accès de l'air dans les poumons en obturant la trachée préalablement divisée en travers, on voit l'animal, qui était demeuré assez calme pendant trente ou quarante secondes, se débattre vivement, exercer de violents efforts pour respirer, ouvrir la bouche, dilater largement les narines, et, dans une vaine tentative d'inspiration, agiter avec une anxiété extrême les flancs et le thorax. En même temps les membranes muqueuses des lèvres, de la bouche, de la langue, de la trachée, etc., deviennent livides, le sang qu'on obtient d'une artère ouverte offre une teinte noirâtre ; et, si l'on continue de s'opposer à la respiration, l'animal tombe dans un état comateux, puis meurt au bout de trois à quatre minutes. Mais, avant que la mort arrive et pendant que les mouvements de la respiration s'effectuent encore, rend-on libre l'ouverture de la trachée, ou bien, l'animal étant sans mouvement (mort apparente), insuffle-t-on assez tôt de l'air atmosphérique dans l'intérieur de ce conduit, la couleur du sang, de noirâtre qu'elle était, devient rutilante, et bientôt les fonctions vitales se rétablissent complétement. Dans le cas contraire, c'est-à-dire quand l'expérience a été continuée jusqu'à la mort, on trouve, à l'autopsie, que la plupart des organes sont gorgés d'un sang beaucoup plus foncé que de coutume ; c'est ce qui a lieu surtout pour les poumons et pour le foie. Les membranes muqueuses et le tégument externe offrent une teinte violacée due à l'engorgement de leurs

capillaires. Le système de la veine porte, le système veineux général, les cavités droites du cœur, l'artère pulmonaire, sont distendus par un sang noir et fluide (*).

Chez les Oiseaux, tous les précédents effets se produisent aussi par suite de la suspension de la respiration ou de l'hématose, et même ils apparaissent d'une manière plus rapide.

Quant à l'homme, lorsque sa respiration est brusquement interrompue, comme dans les cas de submersion, de strangulation, d'enfouissement dans la terre, etc., un sentiment d'angoisse inexprimable se manifeste presque aussitôt, c'est-à-dire après trente ou quarante secondes; au bout d'une minute ou d'une minute et demie, la face est déjà bleuâtre, les fonctions cérébrales sont obtuses; enfin l'affaissement complet, avec cessation de la respiration et de la circulation, ne tarde pas à arriver. Si, au contraire, le patient a pu encore introduire dans ses poumons une petite quantité d'air, et si l'asphyxie est un peu moins rapide, il y a un sentiment de constriction pénible vers le larynx et le sternum, des bâillements, des pandiculations, des efforts inutiles de respiration, avec éblouissements, bourdonnements d'oreilles, vertiges bientôt suivis de perte complète de connaissance. La face et les lèvres sont tuméfiées et livides, les yeux humides et saillants, les conjonctives injectées; les veines jugulaires sont distendues par le sang qu'elles renferment ; le nez, les oreilles, les mains et les pieds ont une teinte violacée ; toute la peau présente des marbrures et des sugillations; les mouvements du cœur, inégaux, intermittents, s'affaiblissent de plus en plus; enfin les mouvements respiratoires, de plus en plus rares, cessent bientôt tout à fait, et presque aussitôt survient la cessation des battements du cœur. L'individu est alors dans une immobilité complète, et son état ne paraît différer de la mort que par la conservation de la chaleur animale et par l'absence de toute roideur.

Il est tout à fait exceptionnel que l'homme et le mammifère adulte (non plongeur), qui ont séjourné plus de quatre à six minutes sous l'eau, puissent être rappelés à la vie. Les rares exemples de personnes ayant pu, sans mourir, rester submergées pendant un temps bien plus long, ont été expliqués par quelques auteurs à l'aide d'une syncope prolongée qui aurait préservé ces individus de l'asphyxie. Les plus forts plongeurs de l'espèce humaine ne peuvent guère demeurer plus de *trois minutes* sans respirer, et encore n'y arrivent-ils que par l'éducation et l'habitude, en s'exerçant, après les inspirations les plus profondes, à prolonger le plus possible les expirations correspondantes.

Les oiseaux plongeurs, et la poule d'eau en particulier, d'après W. Edwards (1), ne pourraient non plus rester submergés au delà de trois minutes sans perdre le sentiment et le mouvement. W. Scoresby (2) assure que les cétacés demeurent plongés de cinq à six minutes et même parfois plus d'un quart d'heure, quand ils cherchent leur nourriture au sein des eaux ou qu'ils sont occupés à manger. Lorsqu'une baleine, dit ce savant voyageur, a été frappée par le harpon, elle plonge et reste sous l'eau pendant environ trente minutes, terme moyen.

(*) Toutefois, quand la *mort par asphyxie* a été très rapide, il est assez ordinaire de trouver les cavités droites du cœur presque vides : c'est surtout dans les cas d'asphyxie lente que ces cavités sont distendues par du sang noir.

(1) *Influence des agents physiques sur la vie*, p. 167.

(2) *Tagebuch einer Reise auf den Wallfischfang, verbunden mit Untersuchungen und Entdeckungen an der Ostküste von Grönland*, p. 194, etc. Hambourg, 1825. — Id., *An Account of the Arctic Regions*, etc., 1820, t. I, p. 465, 468, et t. II, p. 247.

J. Hunter (1), Breschet (2) et Stannius (3) ont décrit, dans le système artériel des cétacés, une disposition qu'on a supposée être en rapport avec cette faculté particulière : il s'agit de plexus artériels situés dans la cavité thoracique, sur les côtés du rachis, et dont l'ensemble représenterait une espèce de réservoir artériel apte à fournir du sang nutritif à l'aorte, pendant que l'animal reste dans l'eau. A la base du crâne existent d'autres plexus analogues, dont l'usage serait de fournir aux artères de l'encéphale un sang propre à vivifier cet organe, malgré la suspension de la respiration. D'après de Baër (4) et Burow (5), le système veineux des mammifères plongeurs se distingue par son énorme capacité, et il existe de vastes plexus, notamment dans la cavité abdominale, où l'on voit le tronc de la veine cave inférieure se dilater en une sorte de sac. Il a encore paru que cette particularité, aussi bien que les grandes dimensions des poumons, pourraient être mises au nombre des dispositions anatomiques qui permettent aux cétacés de demeurer aussi longtemps sous l'eau. Mais évidemment ce ne sont encore là que de simples hypothèses.

L'expérimentation a appris que, *dans le vide* de la machine pneumatique, la vie des animaux à respiration puissante (Oiseaux et Mammifères) cesse après quarante secondes ou une minute. Au contraire, ceux qui ne respirent que faiblement, comme font les animaux inférieurs, supportent bien plus longtemps toute privation d'air atmosphérique. Les salamandres et les grenouilles vivent d'une heure à trois heures dans le vide (*) (Spallanzani, W. Edwards). Les Poissons (cyprins dorés) ne périssent qu'au bout de $1^{h}40^{m}$ dans de l'eau bouillie et entièrement privée d'air (Alex. de Humboldt et Provençal). Parmi les animaux invertébrés, il en est qui résistent mieux et d'autres moins bien que les reptiles à l'*asphyxie par privation d'air* : ces différences tiennent sans doute à l'exactitude plus ou moins grande avec laquelle ils peuvent clore leurs stigmates et conserver ainsi l'air dans leurs trachées. Après avoir été vingt-quatre heures dans le vide, des guêpes ou des abeilles, qui semblent mortes, revivent au bout de quelques minutes, quand on vient à les mettre dans l'air libre. Des *Blaps* et des *Tenebrio* ont vécu huit jours sous une cloche où l'air était tellement raréfié, qu'il n'avait plus qu'une tension de 1 à 2 millimètres (Biot). Les limaçons peuvent demeurer vingt heures dans le vide sans être incommodés, et ne meurent, en général, qu'au bout de deux ou trois jours (Spallanzani).

Nous avons dit, en ce qui concerne spécialement les mammifères, que l'*âge* influe sur la rapidité de la mort par asphyxie. En effet, les nouveau-nés de cette classe d'animaux résistent bien plus longtemps que les adultes à la suppression de

(1) *Structure et économie des baleines* (*Œuvres complètes* de J. HUNTER, traduction française de Richelot, t. IV, p. 466).

(2) *Hist. anat. et physiol. d'un organe vasculaire découvert dans les cétacés*. Paris, 1836, in-4 avec fig.

(3) SIEBOLD et STANNIUS, *Manuel d'anat. comp.*, trad. franç. par Spring et Lacordaire, t. II, p. 481. Paris, 1850.

(4) *Mém. présenté à l'Ac. des sc. de Saint-Pétersbourg*, t. II, année 1835.

(5) MÜLLER'S *Archiv*, 1838, p. 253.

(*) Évidemment tout commerce avec l'atmosphère n'était pas complétement interdit dans ces cas où l'on a vu des crapauds, scellés dans du plâtre gâché sur eux-mêmes, vivre pendant plusieurs mois. Bien que la respiration pulmonaire fût sans doute devenue impossible, la respiration cutanée ne l'était point : d'ailleurs W. Edwards a reconnu qu'en pareil cas le plâtre laisse passer l'air à travers ses pores, et il a constaté que l'asphyxie avait lieu dans un temps fort court, si les boîtes ou moules de plâtre étaient enfoncés sous l'eau au lieu d'être tenus dans l'air.

la respiration. Ce fait, déjà reconnu par Rob. Boyle (1) Méry (2) Haller (3) et Buffon (4), a été vérifié plus tard par Legallois (5) et par W. Edwards (6). Met-on comparativement, sous le récipient de la machine pneumatique, par exemple un chat adulte et un chat nouveau-né, le second vivra environ trois fois plus longtemps que le premier (Boyle, Méry). La différence est encore plus sensible quand on fait périr par submersion, avec leur mère, des mammifères (chiens, chats ou lapins), qui viennent de naître : celle-là meurt en trois ou quatre minutes, et ceux-ci peuvent être rappelés à la vie même au bout d'une demi-heure (Haller, Buffon, Legallois). Ils résistent mieux aussitôt après la naissance que vingt-quatre ou quarante-huit heures plus tard ; et, dès le cinquième jour, au lieu de pouvoir survivre, comme d'abord, à une submersion d'une demi-heure, ils ne la supportent plus guère que la moitié de ce temps (Legallois). Du reste, il est digne de remarque que les mammifères qui naissent avec les paupières ouvertes, le corps couvert de poils, et qui peuvent se soutenir et marcher dès les premiers instants, s'asphyxient plus rapidement que ceux qui naissent avec les paupières fermées, comme le lapin et la plupart des carnassiers. Cette observation est due à W. Edwards (7), qui, de plus, a reconnu que les nouveau-nés de la première catégorie absorbent plus d'oxygène, exhalent plus d'acide carbonique et se refroidissent moins facilement que ceux de la seconde.

Faut-il croire que, dès que le fœtus a respiré, il ait perdu par cela même son privilége de résistance à l'asphyxie, pour se trouver aussitôt dans les conditions de l'adulte ? Les expériences de Buffon (8), confirmées par celles de Legallois (9) ne sauraient laisser aucun doute sur la négative : une chienne, attachée à un baquet rempli d'eau, y mit bas, et à l'instant même deux de ses petits, avant qu'ils eussent respiré, furent plongés dans du lait tiède d'où on les tira vivants au bout de trente minutes. Après qu'ils eurent respiré au dehors pendant ce même temps, on les replongea dans le lait durant encore une demi-heure, après laquelle ils furent trouvés parfaitement vivants. Pour la seconde fois, ils respirèrent en toute liberté pendant une autre demi-heure ; puis, reportés dans le lait tiède, ils en sortirent, au bout de ce même laps de temps, presque aussi bien portants qu'après la première épreuve.

De pareils faits concordent avec ces exemples d'enfants nouveau-nés qui, retrouvés dans des pièces d'eau ou même dans des fosses d'aisances, ont pu être conservés à la vie, quoique le temps écoulé depuis leur submersion ne légitimât guère l'espoir de les sauver.

Cette faculté que possèdent les nouveau-nés des mammifères, de supporter plus longtemps que les adultes la *suspension de la respiration*, divers auteurs la regardent comme incontestablement liée à l'existence du trou de Botal et du canal artériel. Cela paraît présumable, mais n'est aucunement démontré.

(1) *Philos. Transact.*, ann. 1670, t. V, p. 2011.
(2) *Mém. de l'Acad. des sc. de Paris*, ann. 1693, t. X, p. 397.
(3) *Elementa physiologiæ*, t. III, p. 314.
(4) *Histoire naturelle générale et particulière*, t. II, p. 447. (édit. de l'imprimerie royale).
(5) *Expér. physiol. tendant à faire connaître le temps durant lequel les animaux peuvent être sans danger privés de respiration.* Paris, 1835, in-4.
(6) *Influence des agents physiques sur la vie*, p. 171.
(7) *Loc. cit.*
(8) *Loc. cit.*
(9) *Mém. cit.*

B. — Il a été établi précédemment que les animaux à respiration puissante (Oiseaux et Mammifères), plongés dans le vide, cessent de vivre après environ une minute; tandis que ceux qui respirent faiblement, comme la plupart des animaux inférieurs, supportent bien plus longtemps la privation absolue d'air atmosphérique. Une autre observation, qui est en rapport avec cette différence de résistance à l'asphyxie, a été faite ultérieurement : il est des animaux qui périssent, *dans l'air confiné*, bien longtemps avant d'avoir consommé, par leur respiration, tout l'oxygène que cet air renferme; d'autres y vivent jusqu'à ce qu'ils l'aient dépouillé de la presque totalité de son principe vivifiant. — Ainsi, d'après Lavoisier (1), l'existence d'un animal supérieur n'est déjà plus possible, dès que l'air ambiant a perdu environ 10 pour 100 d'oxygène par le fait de la respiration ou par une autre cause. Dans l'exploitation de certaines mines, lorsque l'air ne contient que 10 ou même 15 pour 100 d'oxygène (en volumes), les ouvriers courent les plus grands dangers s'ils ne se hâtent de sortir d'un pareil milieu : au bout d'une à deux minutes, ils éprouvent des vertiges, des nausées, des défaillances, de la dyspnée, etc., tous les accidents qui peuvent aboutir à une asphyxie complète. Du reste, le danger est signalé par les lampes qui ne manquent jamais de s'éteindre dans toute atmosphère renfermant moins de 15 à 16 pour 100 d'oxygène; que cette atmosphère contienne, avec une aussi faible quantité d'oxygène, une forte proportion d'azote ou bien une proportion relativement assez considérable d'acide carbonique ou de tout autre gaz.

L'expérimentation a également démontré qu'un oiseau, qui pourrait vivre durant douze heures sous une cloche d'une certaine capacité renfermant de l'air ordinaire dont la pureté serait maintenue par l'absorption incessante de l'acide carbonique à l'aide d'une dissolution de potasse, y succombe en moins d'une heure, si l'air, tout en étant maintenu exempt d'acide carbonique, ne contient que 15/100 d'oxygène et 85/100 d'azote. Il a été aussi reconnu que, dans une atmosphère composée de 10 d'oxygène et de 90 d'azote, une souris ne tarde guère plus de cinq minutes à s'asphyxier (2).

Au contraire, les Poissons (tanches) ne commencent à souffrir bien manifestement et à s'asphyxier que quand l'*oxygène* de l'air dissous dans l'eau est réduit à environ 7 pour 100 (*); et, chez les grenouilles, ce n'est que dans une atmosphère où la proportion d'oxygène est descendue à 3 pour 100 que l'asphyxie se déclare (3).

Quant aux Mollusques (limace rouge et limaçon des vignes), Vauquelin (4) assure qu'ils jouissent de la faculté de consommer, avant de mourir, la *totalité* de l'oxygène des atmosphères limitées dans lesquelles on les enferme. Aussi ces animaux ont-ils été comparés au bâton de phosphore qu'on place sous une cloche pour l'analyse de l'air : ce seraient de véritables endiomètres, à part la complication provenant de l'acide carbonique qu'ils exhalent. Mais, en réalité, les résultats publiés par Vauquelin paraissent être entachés d'un peu d'exagération; ils prouvent

(1) *Deuxième Mémoire sur la respiration* (*Mém. de chim.*, t. IV, p. 22).

(2) Snow, *On the Pathol. Effects of Atmosphere vitiated by Carbonic Acid Gas and by a Diminution of Oxygen* (*Edinb. Med. and Surg. Journal*, t. LXV, p. 49, année 1846).
Déjà Lavoisier avait fait des expériences analogues.

(*) *L'air dissous dans l'eau* est, on se le rappelle, plus riche en oxygène que l'air libre de l'atmosphère : il renferme 33 d'oxygène pour 100, en volumes, au lieu de 20,8.

(3) Alex. de Humboldt et Provençal, *Mém. de la Société d'Arcueil*, t. II, p. 395. — *Ibid.*, t. II, 390.

(4) *Observat. chim. et physiol. sur la respiration des insectes et des vers* (*Annales de chimie*, t. XII, p. 273).

seulement que les mollusques peuvent continuer à vivre dans une atmosphère qui ne renferme plus que des traces à peine appréciables d'oxygène. C'est à cette dernière conclusion générale qu'est arrivé Spallanzani (1) dans ses nombreuses expériences.

Ainsi, plus les animaux sont élevés dans l'échelle zoologique, moins ils résistent à l'*asphyxie par insuffisance* ou *par viciation de l'air*, et plus ils ont besoin, pour l'entretien de leur existence, que la proportion d'oxygène demeure la même dans l'air qu'ils respirent. Au contraire, les animaux plus bas placés et chez qui les phénomènes physico-chimiques de la respiration deviennent de moins en moins intenses, supportent, quant à l'oxygène, des variations de proportion comprises entre des limites très étendues, sans danger immédiat pour la vie.

La torpeur hibernale qu'on observe chez certains animaux supérieurs, les abaisse, sous le rapport de la respiration, au niveau des animaux moins parfaits : une marmotte, par exemple, quand elle est engourdie, peut séjourner fort longtemps, sans en éprouver aucun effet fâcheux, dans un air qui est très pauvre en oxygène et qui asphyxie en peu de minutes une marmotte éveillée ou tout autre mammifère (2).

Nous avons vu que l'homme adulte introduit dans ses poumons environ 9 mètres cubes d'air par jour, qu'à chaque mouvement respiratoire une partie de l'oxygène disparaît pour être remplacée par une quantité à peu près équivalente d'*acide carbonique*, et que les 9 mètres cubes d'air expiré et restitué à l'atmosphère renferment, en moyenne, 4 pour 100 de ce gaz (acide carbonique). Si, au sein de l'atmosphère libre, ces phénomènes, quoique s'accomplissant sur une très grande échelle, ne changent pas sensiblement la composition de l'air, il n'en est plus de même quand la respiration s'alimente dans des atmosphères closes : au bout d'un certain temps, le milieu doit subir une viciation d'autant plus profonde, que le volume d'air est moins considérable relativement au nombre d'individus, et que son renouvellement est moins facile.

La disparition partielle de l'oxygène et son remplacement par une proportion presque égale de gaz acide carbonique, comme résultat de la respiration, ne sont pas les seules causes qui rendent insalubre l'*air confiné*. La transpiration cutanée et pulmonaire entraîne différentes matières animales, bientôt décomposées, et dont la présence est attestée par l'odeur infecte qu'exhalent les cheminées d'appel établies pour la ventilation des salles contenant une grande réunion d'hommes. Ajoutons que l'évaporation aqueuse, dont le corps de l'homme ou des animaux est le siége, sature souvent l'atmosphère close, comme le dénote l'eau qui ruisselle sur les murs : cette saturation a pour effet, en diminuant la transpiration cutanée et pulmonaire, d'accumuler outre mesure la chaleur latente dans l'organisme. Enfin, les individus réunis dans des espaces clos ont souvent besoin de s'éclairer avec des lampes, des bougies, etc., et, comme la *combustion* ne peut s'opérer qu'en empruntant de l'oxygène à l'air ambiant et en y versant de l'acide carbonique, elle se place aussi parmi les causes de la viciation que présente l'air confiné.

Lavoisier avait annoncé que l'air des salles d'hôpitaux et des théâtres renferme de 1 1/2 à 3 pour 100 d'acide carbonique : des analyses plus récentes ont fait dé-

(1) *Mém. sur la respiration*, p. 319 et suiv.
(2) REGNAULT et REISET, *Mém. cit.*, conclusion XVI.

couvrir, à la Pitié, 3 millièmes d'acide carbonique; à la Salpêtrière, 6 et 8 millièmes; dans une salle d'asile, 3 millièmes; dans une salle de spectacle, 4 millièmes (Leblanc); dans la Chambre des députés, après deux heures et demie de séance, 5 millièmes (Péclet). Neuf cents personnes ayant rempli, pendant une heure et demie, le grand amphithéâtre de la Sorbonne, la proportion de l'oxygène diminua de 1 pour 100, malgré l'ouverture de deux portes (*). — La viciation de l'air des étables, des bergeries ou des écuries, est souvent portée bien plus loin : Niepce (1), dans ses recherches sur la composition de l'air que respirent dans les étables, en hiver, les populations des Alpes, assure que cet air, dont la température est ordinairement d'environ 30 degrés centigrades, ne contient guère que 18 pour 100 d'oxygène, avec plus de 2 pour 100 d'acide carbonique, et des proportions assez notables d'hydrogène sulfuré et d'ammoniaque.

Lorsqu'enfin les viciations subies par les atmosphères closes, sous l'influence de la respiration, ont dépassé certaines limites, il peut en résulter les plus funestes effets notamment sur l'organisme humain. Nous ne parlerons pas ici du rôle considérable que les pathologistes font jouer à l'aération insuffisante, à l'air confiné et vicié, dans le développement d'un grand nombre de maladies; qu'il nous suffise de faire connaître les accidents les plus immédiats et les plus graves produits par le défaut du renouvellement de l'air dans des espaces trop étroits pour le nombre d'individus qui s'y trouvent renfermés. En 1756, pendant les guerres des Anglais dans l'Hindoustan, 146 prisonniers furent entassés dans une chambre de vingt pieds carrés, qui n'avait d'autres ouvertures que deux petites fenêtres : au bout de quatre heures, plusieurs tombèrent dans une stupidité léthargique, et d'autres dans un délire violent; au bout de six heures, 96 avaient succombé, et, enfin, après huit heures on ne comptait que 23 survivants. Une sueur abondante, une soif excessive, un sentiment d'angoisse inexprimable, des vertiges, de vives douleurs au thorax, de la dyspnée, de la suffocation, de la fièvre, etc., tels furent les premiers symptômes éprouvés par la plupart de ces malheureux, avant de perdre complétement connaissance. Après la bataille d'Austerlitz, 300 prisonniers autrichiens ayant été enfermés dans une cave, il n'en resta que quarante vivants après un laps de temps pourtant assez court passé dans cet horrible cachot. Combien de fois des événements analogues ne se sont-ils pas reproduits dans la cale des navires qui transportent de pauvres émigrants!

Dans tous ces cas de mort prompte par l'*air confiné*, c'est à la double altération consistant dans la diminution de l'oxygène et dans l'augmentation de l'acide carbonique, qu'on doit sans doute rapporter la mort. Il reste à rechercher la part plus ou moins importante qui revient à chacune de ces altérations dans un aussi funeste résultat.

Et d'abord, pour ce qui est de l'influence exercée sur l'organisme par le gaz acide carbonique, on sait qu'elle a été diversement interprétée. Pour les uns, ce gaz est impropre à la respiration, mais il n'a aucune action délétère sur l'économie (Bichat, Nysten, Malgaigne, Regnault et Reiset, etc.,); suivant les autres, l'acide carbonique est essentiellement délétère, et son action s'exerce principalement sur

(*) FLEURY. *Cours d'hygiène*, etc., XII[e] leçon, t. I, 191-192. Paris, 1852. — PÉCLET, *Traité de la chaleur considérée dans ses applications*, t. II, p. 274 et suiv. Paris, 1843. — F. LEBLANC, *Recherches sur la composition de l'air confiné* (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences de Paris*, t, XIV, p. 862 ; et *Ann. de chim. et de phys.*, 3[e] série, t. V, p. 223).

(1) *Gazette médicale de Lyon*, t. IV, p. 78, année 1852.

le système nerveux (Collard de Martigny, D'Arcet, Ollivier d'Angers, Orfila, etc.). Ce sont surtout les expériences de Collard de Martigny (1) qui ont amené le plus grand nombre des physiologistes à admettre que ce gaz possède une influence toxique. Cet expérimentateur a constaté que, d'une part, la mort survient, en moins de 2 minutes 1/2, chez des moineaux placés dans une atmosphère contenant 21 parties d'oxygène et 79 parties d'acide carbonique; que, d'autre part, l'asphyxie arrive, dans l'espace de 2 à 4 minutes, chez les mêmes animaux, quand on les tient plongés dans un mélange gazeux composé de 79 parties d'oxygène et de 21 parties d'acide carbonique (*). Au contraire, la mort n'a lieu qu'au bout de 8 à 10 minutes dans une atmosphère pourtant dépourvue d'oxygène, par exemple dans l'hydrogène ou l'azote sans mélange d'acide carbonique. Collard de Martigny a vu encore des batraciens, qui vivent des journées entières dans l'azote ou l'hydrogène, ne plus donner signe de vie après avoir été placés, un quart d'heure, dans une atmosphère d'acide carbonique, surtout si la température était assez élevée. D'après A. de Humboldt et Provençal (2), des tanches, qui ne s'asphyxient qu'au bout de quatre ou cinq heures dans de l'hydrogène ou de l'azote, meurent en quelques minutes dans le gaz acide carbonique. Les recherches plus récentes d'un physiologiste anglais, Snow (3), tendraient également à appuyer l'opinion de Collard de Martigny : des oiseaux et de petits mammifères, ayant été plongés dans un mélange gazeux composé de 21 parties d'oxygène, 59 parties d'azote et 20 parties d'acide carbonique, y succombèrent assez rapidement; mais la mort fut encore plus prompte dans une atmosphère un peu moins riche en oxygène et ainsi composée : oxygène 19,75; azote 74,25; acide carbonique, 6.

Cette dernière série d'expériences de Snow, comparée à la première, ferait croire que si l'augmentation de l'acide carbonique doit être admise comme une cause de mort par l'air confiné, la diminution de la proportion normale d'oxygène contribue aussi pour une notable part à hâter cette fin funeste. Rappelons-nous, à ce propos, que le même observateur a vu des oiseaux périr, en moins d'une heure, dans un mélange gazeux contenant 15 pour 100 d'oxygène et 85 d'azote, quoiqu'il eût pris la précaution d'absorber l'acide carbonique au fur et à mesure de son exhalation, et aussi de placer les animaux sous des cloches suffisamment grandes pour leur permettre d'y vivre, durant douze heures, quand elles étaient pleines d'air ordinaire.

Aux précédentes expériences de Collard de Martigny et de Snow, on oppose celles de V. Regnault et Reiset. Ces habiles expérimentateurs (4) ont fait séjourner, pendant plusieurs heures, des chiens et des lapins dans des cloches dont l'air renfermait jusqu'à 23 pour 100 d'acide carbonique, et ces animaux n'auraient éprouvé aucun effet appréciable. Il est vrai que le milieu dans lequel ils étaient plongés contenait en même temps 30 à 40 pour 100 d'oxygène, et que ce gaz vivifiant était rendu aux animaux à mesure qu'ils l'absorbaient. Aussi V. Regnault et Reiset en concluent-ils que la respiration des mammifères est possible dans de l'air très chargé d'acide carbonique, pourvu que la quantité d'oxygène y soit en même temps consi-

(1) *Action du gaz acide carbonique sur l'économie animale*, dans *Archiv. génér. de méd.*, t. XIV, p. 203 et suiv., année 1827.

(*) Cependant une bougie continue à brûler dans un pareil milieu.

(2) *Mém. de la Soc. d'Arcueil*, t. II, p. 399.

(3) *On the Pathol. Effects of Atmosphere vitiated by Carbonic Acid Gas and by a Diminution of Oxygen* (*Edinb. Med. and Surg. Journ.*, t. LXV, année 1846).

(4) *Mém. cit.*

dérable. Comment concilier de pareils résultats avec ceux qu'ont obtenus Snow et notamment Collard de Martigny, qui a toujours vu la mort survenir en trois ou quatre minutes chez des animaux respirant dans une atmosphère composée de 79 parties d'oxygène et de 21 parties d'acide carbonique ? Dans ces dernières expériences, serait-ce que l'acide carbonique n'aurait pas été pur, qu'il aurait été mélangé avec des traces d'oxyde de carbone ?

Quoi qu'il en soit, ceux qui croient que, comme l'hydrogène ou l'azote, l'acide carbonique n'est qu'insuffisant ou impropre à la respiration, et qu'il n'a pas d'action toxique sur l'organisme, font la supposition suivante pour expliquer la mort que ce gaz détermine inévitablement : d'après eux, lorsque l'acide carbonique se trouve en quantité notable dans l'air inspiré, il a pour double effet d'arrêter ou de gêner le dégagement de l'acide carbonique du sang et d'empêcher ce liquide d'absorber de l'oxygène, en un mot de s'opposer à la substitution d'un gaz à l'autre dans les globules sanguins : de telle sorte que l'acide carbonique produit dans l'organisme finit par s'accumuler outre mesure dans le sang, qui bientôt prend les caractères du sang veineux, et l'asphyxie survient.

Évidemment, ce n'est là qu'une théorie qui ne s'étaye d'aucune preuve suffisante (*), et nous avouerons que plusieurs des résultats cités plus haut tendent plutôt à nous éloigner de la doctrine de l'innocuité de l'acide carbonique. — De ce que, quand on injecte dans le sang veineux un liquide chargé de ce gaz, l'animal ne meurt pas, voudrait-on aussi en inférer que l'acide carbonique n'est pas vénéneux ? Mais, injectée dans le système veineux ou absorbée par l intestin, une solution d'hydrogène sulfuré peut ne pas occasionner la mort, et pourtant nul n'oserait soutenir que l'hydrogène sulfuré n'est point délétère. C'est que, dans l'un et l'autre cas, ces gaz sont éliminés par les poumons, sans s'être arrêtés dans aucun tissu. On sait qu'il n'en est plus de même quand une solution d'hydrogène sulfuré a été poussée dans les artères ; l'intoxication et la mort surviennent avec rapidité. Si le même effet n'a pas été observé dans des expériences comparatives avec la solution d'acide carbonique, il y a tout lieu de croire que cette dernière avait été injectée en trop petite quantité.

De l'exposé de la plupart des faits qui précèdent, il résulte qu'à défaut d'espace, il importe surtout de renouveler incessamment l'air que respirent l'homme ou les animaux : il s'agit, en effet, non-seulement de disperser l'acide carbonique produit et de remplacer l'oxygène consommé, mais aussi de modérer l'élévation de la température ambiante, et d'entraîner à l'extérieur les émanations animales qui contribuent à vicier, d'une manière si profonde, l'air déjà respiré.

Dans les habitations privées, l'établissement d'un courant d'air à l'aide des portes ou des fenêtres, plusieurs fois ouvertes dans la journée, l'emploi des vasistas, procurent, en général, une *ventilation* suffisante ; une cheminée ou un poêle, munis d'un bon tirage, renouvellent aussi l'air d'une manière continue et très efficace. Mais, dans tous les lieux de grandes réunions publiques, notamment dans les hôpitaux, de pareils moyens de ventilation sont insuffisants ou bien impraticables, et il faut recourir à des appareils spéciaux et doués d'une grande puissance. La description détaillée de ces appareils et l'appréciation de leur efficacité plus ou moins

(*) Les précédentes observations de Regnault et Reiset ne seraient guère favorables à cette manière de voir.

grande sont du ressort de l'hygiéniste (1). Qu'il nous suffise ici de rappeler que le problème de la ventilation consiste à maintenir, dans des espaces plus ou moins clos, la composition normale de l'air atmosphérique, et que, pour compenser les modifications incessantes que fait subir à ce milieu la respiration de l'homme ou des animaux, il importe que la ventilation soit très active : Guérard (2) a établi que si, pour des espaces fermés destinés à recevoir des individus sains, il suffit que la ventilation fournisse *six mètres cubes* d'air neuf par personne et par heure, il n'en est plus de même pour les hôpitaux, qui renferment des malades dont les émanations plus abondantes et plus viciées sont reçues par des organismes moins aptes à réagir contre leur influence. Dans ces conditions spéciales, les *vingt mètres cubes* indiqués par Poumet (3) ne sont même pas suffisants. Boudin (4) s'est assuré, au moyen de l'anémomètre de Combes, que certaines salles de l'hôpital Beaujon, qui reçoivent jusqu'à 47 mètres cubes d'air par heure et par malade, ont encore de l'odeur, et il n'a trouvé parfaitement exemptes d'odeur que celles qui reçoivent 67 mètres cubes d'air pur par malade et par heure (5).

Plus haut (p. 471 et suiv.), nous avons décrit, sous le nom de *mal des montagnes*, un ensemble de phénomènes dont la plupart semblent dus à l'*insuffisance de l'air*, ou plutôt de la quantité d'oxygène introduit dans les poumons à chaque mouvement inspiratoire. Alors nous avons assez insisté, pour n'y plus revenir, sur les troubles particuliers à la respiration et à l'hématose, troubles qui varient suivant l'altitude des lieux, et surtout suivant la durée du séjour.

PHÉNOMÈNES MÉCANIQUES DE LA RESPIRATION.

Les études précédentes nous ont appris que la respiration, envisagée dans un de ses caractères essentiels et des plus manifestes, consiste en un *échange gazeux* qui s'accomplit entre l'organisme et l'atmosphère, c'est-à-dire entre l'air et le sang. Avec certaines dispositions organiques, un pareil échange ne saurait avoir lieu d'une manière continue, sans un courant d'entrée et un courant de sortie, servant à renouveler sans cesse l'air altéré par son contact avec ce liquide. Ces courants en sens inverse se rattachent à l'*inspiration* et à l'*expiration*, dont nous allons voir le *mécanisme* varier selon la classe et même suivant l'ordre auquel les Vertébrés appartiennent.

A. — Mais, avant de nous occuper de ces organismes élevés, rappelons que, vers les degrés inférieurs de l'échelle zoologique, se rencontrent des animaux formés d'une substance plus ou moins homogène, dépourvus de tube digestif

(1) Consultez, à ce sujet, principalement : GUÉRARD, *Note sur la ventilation des filatures* (*Ann. d'hygiène publique*, 1843, t. XXX, p. 112). — *Observations sur la ventilation et le chauffage des édifices publics* (*Ibid.*, 1844, t. XXXII, p. 52). — *Sur la ventilation des édifices publics, et particulièrement des hôpitaux* (*Ibid.*, 1847, t. XXXVIII, p. 348). — POUMET, *Mém. sur la ventilation dans les hôpitaux* (*Ann. d'hygiène publ.*, 1844, t. XXXII, p. 5). — BOUDIN, *Études sur le chauffage et la ventilation des édifices publics*. Paris, 1850. — *De la circulation de l'eau considérée comme moyen de chauffage et de ventilation* (*Annales d'hygiène publique*, 1852, t. XLVII, p. 241).

(2) *Mém. cit.*

(3) *Mém. cit.*

(4) *Mém. cit.*

(5) FLEURY, *Cours d'hygiène*, t. I, p. 210. Paris, 1852.

comme de vaisseaux pour faire circuler le suc nourricier, et chez lesquels aussi l'absorption gazeuse n'est pas encore distincte de l'absorption liquide ou alimentaire : or, la surface du corps de ces animaux, à peu près tous destinés à respirer dans l'eau, est généralement très perméable, et c'est en effet par l'entremise de cette surface que le phénomène de la respiration s'accomplit ; c'est-à-dire que le liquide qui imbibe tout cet organisme y joue le rôle du sang, absorbe dans l'eau aérée l'oxygène de l'air, et dégage en retour de l'acide carbonique. Ce qu'il nous faut surtout noter ici, c'est que la plupart sont pourvus extérieurement de *cils vibratiles* qui agitent d'une manière continue l'eau ambiante, et qui, tout en servant à l'animal de moyens de locomotion, renouvellent sans cesse le fluide respirable dans lequel il est plongé. Voilà donc des agents de locomotion générale employés en même temps à faciliter *mécaniquement* l'acte de la respiration (*).

Si, en effet, l'embranchement des ZOOPHYTES nous offre des animaux dont ordinairement la respiration n'est pas localisée et s'accomplit par l'enveloppe générale, on sait que le groupe des *Holothuries*, par exemple, constitue une exception. Dans ce groupe existe un appareil respiratoire tout spécial, qu'on nomme généralement *trachées aquifères ;* celles-ci, après avoir formé un chevelu abondant dans la cavité viscérale, se réunissent en troncs de moins en moins nombreux à mesure qu'ils se rapprochent du rectum, où ils viennent s'insérer, de manière à communiquer par son intermédiaire avec l'extérieur. Les Holothuries, qui peuvent accomplir des mouvements énergiques de contraction et de dilatation à l'aide de muscles vigoureux placés au-dessous de leur tégument, peuvent aussi, par cela même, exécuter des *mouvements d'inspiration* ayant pour résultat de faire pénétrer l'eau dans l'intérieur du canal digestif par l'anus, d'où ce liquide s'introduit dans les tubes des trachées aquifères et va porter au milieu du suc nutritif l'élément respirable. La contraction de l'enveloppe du corps donne lieu, au contraire, à un véritable *mouvement d'expiration* ayant pour effet d'expulser l'eau aérée qui a séjourné à l'intérieur. Du reste, le mécanisme qui préside, chez les Holothuries, à l'action des trachées aquifères, semble très analogue à celui des trachées aériennes chez les Insectes.

Dans les espèces les plus inférieures de l'embranchement des MOLLUSQUES, la peau sert encore à une respiration diffuse ; mais, en s'élevant vers d'autres espèces, on aperçoit des appendices extérieurs saillants et nombreux qui commencent à localiser la respiration ; puis le manteau se montre, et abrite sous son repli cutané de véritables branchies ; enfin une chambre branchiale bien délimitée vient compléter cet appareil de respiration. Chez les Nautiles, qui ont deux paires de branchies, chez les Poulpes, les Seiches, les Calmars, etc., qui n'en ont qu'une seule paire, la chambre branchiale est d'ailleurs formée par une paroi musculeuse qui permet à l'animal d'exécuter des mouvements étendus d'*inspiration* ou d'*expiration*, en relâchant ou en contractant cette cavité. L'eau, appelée par le mouvement d'expansion, pénètre par la fente du manteau de chaque côté de la base de l'entonnoir ; dans le mouvement opposé, cette fente, dont les bords se resserrent, ne livre plus passage au liquide, qui s'échappe par l'entonnoir avec les matières excrémentitielles. Tandis que, chez les Gastéropodes, des cils vibratiles très nom-

(*) Il serait difficile de leur attribuer un autre usage chez les *Spongiaires*, qui demeurent fixés au lieu où ils ont accompli leur dernière métamorphose.

breux recouvrent la surface respiratoire et y assurent la constance d'un courant d'eau indispensable à l'oxygénation du sang, on n'a pu découvrir de cils vibratiles à la surface des branchies chez les Céphalopodes; le renouvellement de l'eau est sans doute suffisamment assuré par la contraction musculaire.

Quant à la plupart des ANNELÉS, la peau ne conserve point chez eux cette consistance et cette finesse qui, chez les Mollusques, l'approprient si bien à l'exercice des fonctions respiratoires. Dans ce nouveau type, les téguments servent habituellement à compléter l'appareil locomoteur; il en résulte que, excepté dans certains groupes inférieurs, leur tissu devient épais, coriace, et se recouvre même souvent d'un épiderme corné ou calcaire, qui forme un squelette articulé extérieurement, comme cela se voit chez les Insectes, les Araignées, les Homards, les Langoustes, etc. Cette tendance générale de l'organisation du type des Annelés a pour conséquence de restreindre à un assez petit nombre d'espèces la respiration cutanée diffuse, de nécessiter la localisation de la fonction respiratrice dans des parties souvent assez différentes d'un groupe à un autre, et, par conséquent, d'introduire des modifications nombreuses dans l'appareil et le mécanisme respiratoires. — Chez les Systolides ou Rotateurs, par exemple, les organes rotateurs sont regardés comme particulièrement propres à la respiration, à cause de la délicatesse de leur tissu et des cils vibratiles dont les mouvements déterminent de nombreux courants d'eau à leur surface. — Dans les groupes inférieurs de la classe des Crustacés, les branchies sont constituées par certains appendices locomoteurs adaptés plus ou moins complétement aux fonctions respiratoires. Chez les Crustacés branchiopodes, les pattes qui servent à soutenir l'animal sur l'eau sont élargies, membraneuses sur une grande partie de leur étendue, et constituent des pattes branchiales propres à la fois à la respiration et à la locomotion. Les Crustacés stomapodes portent leurs branchies sous l'abdomen, à la base de cinq paires de pattes natatoires, attachées aux cinq premiers anneaux abdominaux ; les mouvements mêmes de la locomotion servent à renouveler le fluide respirable sur ces organes qui, chez les Squilles, pendent en panaches frangés à la face ventrale du corps. Dans les Décapodes, la carapace limite, pour toutes les branchies d'un même côté, une chambre respiratoire où l'eau pénètre par une fente inspiratrice ménagée entre la base des pattes et le bord de la carapace, et d'où elle sort par un orifice expirateur placé au-devant de la bouche, de chaque côté de la ligne médiane. Un appendice d'une des paires de mâchoires, engagé dans le canal par lequel l'eau est expulsée, sert par ses mouvements à entretenir un courant continu dans la chambre branchiale. Milne Edwards (1) a fait connaître, dans ses moindres détails, l'appareil branchial des Décapodes, et en a interprété très heureusement le mécanisme dans les divers groupes de cet ordre. — Quant au mécanisme de la respiration trachéenne, on sait que, chez les Arachnides, les Myriapodes, les Insectes, en général, le sang est épanché, pendant une portion de son trajet, dans la cavité du corps, et que des courants déterminés l'y transportent d'avant en arrière vers les orifices d'entrée du vaisseau dorsal. Dans ce mouvement de transport, le sang baigne les tubes trachéens et se trouve en présence de l'air, sauf l'interposition de leur paroi membraneuse; c'est donc à travers cette membrane perméable que doit avoir lieu l'échange respiratoire. Le mécanisme de l'introduction de l'air et de son expulsion est visible chez les Articulés à respiration aérienne :

(1) *Histoire naturelle des Crustacés*, t. II, p. 498, 500 et 506.

la portion abdominale du corps est le siége de mouvements réguliers d'expansion et de constriction, qui, comme les mouvements de la poitrine, chez les Mammifères, déterminent alternativement une *inspiration* et une *expiration*.

B. — Chez les ANIMAUX VERTÉBRÉS, deux sortes d'organes (branchies ou poumons), dont nous connaissons déjà la structure spéciale (*), servent à la fonction respiratrice. C'est ici surtout qu'on voit la nature, après avoir nettement spécialisé l'organe respiratoire, créer simultanément des leviers et des puissances musculaires pour mettre en mouvement ou l'air ou l'eau.

Le mécanisme de la respiration des *Poissons* est assez simple : lorsque les arceaux propres à mouvoir les branchies portent leur convexité en dehors, ils s'écartent comme font les côtes de la poitrine d'un mammifère, et alors même ils redressent les lamelles branchiales, les séparent et les hérissent : entre ces innombrables feuillets, l'eau avalée par la bouche se tamise en minces courants, et perd, en passant, une partie de ses principes aériens ; le rapprochement des arceaux amène celui des lamelles, et en même temps le resserrement des ouïes chasse cette eau par les fentes branchiales. La bouche étant fermée alors, il ne reste pas au liquide d'autre issue. Au contraire, elle s'ouvre largement pour permettre à l'eau d'entrer, et c'est l'écartement des ouïes, et surtout de la membrane branchiostége soutenue par ses rayons osseux, qui en détermine l'ingurgitation. Les opercules qui battent sur les os de l'épaule servent aussi à cette dilatation de la cavité gutturale, en s'écartant par leur partie inférieure seulement, de manière à laisser fermée la fente branchiale ; un mouvement de bascule en sens inverse ouvre cette fente tout en resserrant la même cavité.

Parmi les *Reptiles*, il en est chez lesquels l'introduction de l'air dans les poumons a lieu d'après un mode mécanique tout particulier. Les Batraciens, qui sont privés de côtes ou qui n'en ont que de rudimentaires, ne sauraient dilater leur thorax de manière à forcer l'air à y pénétrer ; aussi, chez eux, l'inspiration se fait-elle au moyen du gosier et par une sorte de déglutition. C'est en effet, dans leur cavité pharyngienne, à laquelle ils impriment des mouvements analogues à ceux de la déglutition, qu'on voit les Grenouilles pousser d'abord des gorgées d'air qui passent bientôt dans la glotte et de là dans les poumons. Pour cela faire, la bouche étant close, l'animal dilate son gosier en abaissant l'hyoïde ; puis l'air pénètre librement à travers les narines dans la partie dilatée. Aussitôt cette aspiration faite, les narines se ferment par le jeu d'un repli membraneux dont elles sont pourvues intérieurement (**) ; le gosier se contracte et pousse alors l'air, qui n'a plus d'autre issue que les poumons dans lesquels il s'engage. Il résulte d'un pareil mode d'introduction de l'air que si l'on tient ouverte assez longtemps la bouche d'une grenouille, l'asphyxie est inévitable, attendu qu'alors les précédents mouvements de déglutition deviennent impossibles. Du reste, ces mouvements ne s'observent plus dès que l'animal est submergé et que la respiration s'effectue par la peau.

Le mécanisme de l'inspiration, chez les Chéloniens en général, rappelle beaucoup celui que présente le même acte chez les Grenouilles. Seulement certaines

(*) Voir plus haut, p. 454, 500 et suiv.

(**) Chez les Salamandres, dont les narines représentent un trou placé entre des os immobiles, c'est la langue, tubercule charnu situé à la partie la plus avancée de la bouche, qui peut seule fermer les narines.

contractions qu'exécutent les membres de la Tortue paraissent venir en aide aux mouvements de déglutition qui ont pour but l'introduction de l'air dans les voies aériennes.

Pour se rendre compte du mode de renouvellement de l'air et de la partie mécanique de la respiration, chez les *Oiseaux*, il importe tout d'abord de se rappeler que l'appareil qui sert à cette fonction présente une particularité fort curieuse à connaître : entre autres modifications de leurs organes pulmonaires, les Oiseaux possèdent un système compliqué de grandes cellules annexées à ces organes et continues avec la muqueuse qui tapisse les canaux bronchiques: plusieurs de ceux-ci, rampant à la surface du poumon, y présentent en effet des orifices largement ouverts par lesquels ils communiquent avec ces vastes cellules membraneuses généralement désignées sous les noms de *sacs* ou *réservoirs aériens*, qui eux-mêmes remplissent une grande partie du corps de l'animal et communiquent avec l'intérieur des os. Nous n'avons pas à revenir ici sur la description de ces réservoirs, ni sur les usages divers qu'on leur a attribués (1); nous ne devons qu'indiquer le mécanisme à l'aide duquel ils s'emplissent et se vident tour à tour. Chaque fois que le thorax se dilate, les quatre réservoirs moyens ou diaphragmatiques se dilatent avec lui, puis les réservoirs thoracique, cervicaux et abdominaux, c'est-à-dire les antérieurs et les postérieurs, s'affaissent en même temps; quand le thorax se resserre, les phénomènes inverses se manifestent. Les réservoirs diaphragmatiques sont donc comme de simples annexes de la cavité pulmonaire, tandis que les réservoirs antérieurs et postérieurs sont, au contraire, antagonistes de ce premier système, en ce qui concerne l'admission et l'expulsion de l'air. En d'autres termes, pendant l'*inspiration*, l'air extérieur entre dans les poumons et les réservoirs diaphragmatiques ou moyens, en même temps qu'une portion de l'air contenu dans les réservoirs antérieurs et postérieurs reflue dans les poumons; pendant l'*expiration*, l'air expulsé des poumons et des réservoirs moyens s'échappe en partie au dehors et pénètre en partie dans les réservoirs antérieurs et postérieurs. Il existe donc bien entre le jeu des réservoirs moyens et celui des réservoirs antérieurs et postérieurs la plus remarquable opposition : cet antagonisme est le phénomène principal et caractéristique de la respiration chez les Oiseaux; l'expérimentation le démontre d'ailleurs de la manière la plus évidente. Ajoutons que comme les poumons se dilatent relativement assez peu, alors que les réservoirs moyens subissent une distension considérable, on peut en conclure que, chez les Oiseaux, l'organe d'aspiration et l'organe d'hématose sont distincts; celui-ci étant représenté par les poumons, celui-là par les sacs diaphragmatiques. Nous ajouterons aussi que comme l'air de la plupart des réservoirs aériens circule librement dans les cavités intérieures des os, il est possible, sur un oiseau auquel on a amputé l'humérus, par exemple, et lié la trachée-artère, de constater que la respiration s'accomplit par la cavité béante de cet os comme par la trachée elle-même.

Ainsi, tandis que la cellule pulmonaire est, chez le Mammifère, le dernier terme de l'itinéraire du fluide atmosphérique, le poumon de l'Oiseau se trouve placé sur le trajet de l'air qui va bien au delà dans divers réservoirs aériens et jusque dans certaines régions du squelette de l'animal.

Du reste, les poumons des Oiseaux adhèrent intimement à la voûte du thorax,

(1) Voir plus haut, p. 476 et suiv. — *Ibid.*, p. 509.

et conséquemment l'expansion des parois de cette cavité doit les dilater directement. Quand la poitrine s'agrandit par le mouvement des côtes et du sternum, le diaphragme *thoraco-abdominal* (*) la dilate encore en refoulant les viscères abdominaux, comme cela s'observe chez l'homme et les Mammifères ; nous avons dit dans quelles cavités, indépendamment de celle du poumon, l'air se trouve alors aspiré. Le sternum, qui prend chez les Oiseaux de si grandes dimensions pour donner des points d'appui aux organes du vol, représente la paroi mobile d'un soufflet dont la paroi immobile est constituée par les vertèbres soudées du rachis ; les côtes sont à la fois les leviers et les pliants intermédiaires à l'aide desquels ces deux parois se rapprochent ou s'éloignent, suivant les divers temps de la respiration.

Après cet exposé sommaire des *phénomènes mécaniques de la respiration* dans diverses classes d'animaux, abordons l'étude plus détaillée de ces phénomènes chez les *Mammifères* et chez l'homme.

Quelques considérations sur l'inspiration et sur l'expiration dans ces organismes élevés, — sur le trajet de l'air et le mode de fonctionnement des orifices ou des conduits que ce fluide traverse, — sur la fréquence, la nature et le rhythme des mouvements respiratoires, — nous ont paru devoir précéder les détails qui se rapportent aux divers modes de respiration, — aux mouvements des côtes et du sternum, — aux agents musculaires si nombreux de ces mouvements, ainsi qu'au rôle mécanique du poumon lui-même.

L'étude des bruits normaux de la respiration, — celle de plusieurs actes annexés à cette grande fonction, comme la toux, l'éternument, le hoquet, le bâillement, etc., — puis enfin l'influence capitale que le système nerveux exerce sur le mécanisme respiratoire, devront aussi arrêter successivement notre attention.

I. — Suspendez votre respiration, et bientôt vous serez en proie à une vive anxiété due à la non-satisfaction d'un besoin impérieux, l'introduction de l'air sera réclamée avec urgence, en vertu d'une sensation interne désignée sous le nom de *besoin de respirer ;* puis l'air, une fois introduit et devenu impropre à l'hématose, donnera lieu à une autre sensation interne qui sollicitera l'expulsion de ce même fluide (*besoin d'expirer*) : d'où il suit que chaque temps respiratoire est précédé d'une sensation particulière qui en commande l'exécution.

Ce ne sera qu'en examinant les rapports de la respiration avec le système nerveux central qu'il y aura lieu d'insister sur ces sensations internes ; nous les mentionnons ici seulement comme causes impulsives des mouvements d'inspiration et d'expiration.

Ces deux mouvements constituent, par leur succession, une *respiration complète*, dont le but est d'entretenir dans les poumons des courants qui servent à renouveler sans cesse l'air altéré par son contact avec le sang. — L'*inspiration* ne peut déterminer l'agrandissement de la poitrine, dans tous ses diamètres, qu'à

(*) SAPPEY (*ouvr. cit.*, pl. I, fig. 3, et pl. II, fig. 2-3) admet, chez les Oiseaux, l'existence de deux diaphragmes : l'un, étudié par Cl. Perrault et J. Hunter, va des côtes droites aux côtes gauches, c'est le *diaphragme pulmonaire* ; l'autre, étendu verticalement depuis le rachis jusqu'au sternum, forme une cloison très oblique entre la poitrine et le ventre de l'oiseau : c'est le *diaphragme thoraco-abdominal*.

l'aide de muscles nombreux qui, en se contractant, font mouvoir les leviers ou pièces solides de cette cavité; l'*expiration*, au contraire, peut à la rigueur se passer souvent du concours de l'action musculaire et s'accomplir par la seule élasticité des poumons et des parois thoraciques. Toutefois, il faut savoir qu'en certaines circonstances l'expiration constitue un acte qui n'est pas moins laborieux et moins complexe que l'inspiration : nul doute, par exemple, que pour les besoins de la phonation, du chant, de différents actes excrétoires, etc., l'expiration ne nécessite aussi l'intervention de puissances actives, c'est-à-dire de véritables *muscles expirateurs* qu'à chaque instant la volonté modifie utilement sous le rapport de l'intensité de leurs contractions. Dans certaines expériences manométriques (*), où il s'agissait de mouvements respiratoires forcés, on a même constaté un notable excédant des puissances de l'expiration sur celles de l'inspiration : pour se rendre compte de pareils résultats, il faut se rappeler que les effets produits, dans l'expiration forcée, sont dus à la fois à la détente du ressort monté par les muscles inspirateurs et à l'action surajoutée des muscles expirateurs. — Dans les expériences de Valentin (1), par exemple, la force développée par l'inspiration la plus grande faisait équilibre à une colonne de mercure de 144 millimètres, et celle que développait l'expiration la plus énergique à une colonne de 232 millimètres. Kramher (2), en opérant sur des chiens, a trouvé aussi une différence de près de 100 millimètres à l'avantage de l'*expiration* forcée.

Quoi qu'il en soit, l'expiration calme exige évidemment moins d'efforts que l'inspiration calme, puisqu'un simple retrait élastique des parties suffit à la première, et que des contractions musculaires sont indispensables à la seconde.

Le mécanisme de l'inspiration et de l'expiration, chez les Mammifères et chez l'homme, semble d'ailleurs assez simple quand on se borne à le considérer d'une manière générale, comme nous allons le faire ici, réservant pour plus tard les nombreux détails qui s'y rapportent.

Pendant l'*inspiration*, quand le soulèvement des côtes et du sternum et l'abaissement du diaphragme contracté déterminent l'augmentation de capacité du thorax, comme le sac pulmonaire se dilate forcément lui-même en suivant les parois thoraciques auxquelles il est contigu, forcément aussi il y a raréfaction de l'air que ce sac contenait déjà, et il devient nécessaire que l'équilibre de pression entre le fluide intérieur et le fluide extérieur s'établisse : de là l'introduction obligée d'une certaine quantité d'air ambiant, qui, s'engageant à travers des orifices plus ou moins dilatés, pénètre dans les poumons. Ces organes, pendant l'inspiration, sont donc tout à fait passifs ; c'est l'agrandissement de la poitrine qui détermine l'arrivée de l'air dans leur intérieur. Puis, par suite du relâchement des muscles inspirateurs, par l'effet de l'élasticité des cartilages costaux et parfois aussi de l'action surajoutée des muscles expirateurs, bientôt les côtes et le sternum s'abaissent ; le diaphragme, cessant sa contraction, est refoulé vers le thorax, qui reprend son volume primitif. Alors, dans ce mouve-

(*) MENDELSSOHN (A.), *Der Mechanismus der Respiration und Circulation od. das explicirte Wesen der Lungenhyperämien*, etc. Berlin, 1845. — HUTCHINSON, *On the Capacity of the Lungs and on the Respiratory functions* (*Transact. of the Med.-Chir. Soc. of London*, t. XXIX, p. 199, année 1846).

(1) VALENTIN, *Lehrbuch der Physiologie des Menschen*, t. I, p. 529 et suiv. Braunschweig, 1847.

(2) KRAMHER, *Zur Lehre vom Athmen* (HÄSER'S *Archiv für die gesammte Med.*, 1847, t. IX, p. 332).

ment de retrait ou d'*expiration*, le poumon, qui était dilaté, revient aussi sur lui-même, de manière à laisser sortir une quantité d'air à peu près correspondante à celle qui était entrée d'abord. Il importe d'ajouter que c'est principalement cet organe qui, en exerçant, à l'aide de son élasticité, une sorte d'aspiration sur le diaphragme, le fait remonter dans la cavité thoracique, et le rétablit de la sorte dans la position qui lui est nécessaire pour agir lors d'une inspiration nouvelle.

II. — Les *voies parcourues par l'air*, durant les mouvements respiratoires, ne sont pas en général susceptibles de changements bien notables, attendu qu'elles sont le plus souvent soutenues par des parties rigides, osseuses ou cartilagineuses. Toutefois, en quelques points et dans certaines conditions, elles éprouvent des changements qui ne sauraient échapper à l'observateur le moins attentif. — C'est ainsi que les *narines* ou les *naseaux*, immobiles ou à peu près, dans la respiration calme, se dilatent et s'ouvrent largement dans les inspirations pénibles. — Maintes fois nous avons constaté ces mêmes différences sur la *glotte* des chiens, après avoir fendu la membrane thyro-hyoïdienne, enlevé l'épiglotte, et ramené en avant l'orifice supérieur du larynx. — Il en est encore ainsi de l'isthme du gosier, du voile du palais notamment, qui ne se déplace que dans les inspirations profondes, afin de s'abaisser ou de se soulever suivant qu'on respire par le nez ou par la bouche. — Pour la trachée et les bronches, sans parler des fibres musculaires (à existence contestée) qui sont supposées les raccourcir durant l'inspiration, on sait que des fibres charnues transversales, très évidentes chez les grands mammifères, rétrécissent le calibre de ces conduits pendant l'expiration, pour aider à l'expulsion de l'air ou des mucosités bronchiques. — Enfin, quant aux poumons eux-mêmes, ainsi que nous venons de le voir, suivant inévitablement les parois de la cavité qui les renferme, ils se dilatent avec elle et permettent l'introduction de l'air, puis avec elle aussi ils se rétractent, et chassent au dehors une partie de ce fluide devenu inutile.

Chez les Mammifères, en général, l'air, qui pénètre dans le poumon, entre le plus souvent par les fosses nasales ou à la fois par ces cavités et par la bouche, quand l'animal éprouve le besoin de respirer plus largement. Toutefois il en est dont le voile du palais, descendant fort bas, entoure la base de l'épiglotte, et qui, à cause de cette disposition, ne peuvent guère respirer que par le nez : tels sont, par exemple, les Solipèdes, qu'il faudrait craindre de suffoquer par l'occlusion de leurs narines, d'ailleurs si spacieuses. Il en est tout autrement du Chien, qui, dans l'essoufflement, respire presque exclusivement par la gueule. Quant aux Cétacés, attendu que leur épiglotte, qui monte jusqu'à l'orifice postérieur des fosses nasales, interdit à l'air venu par la bouche tout accès dans l'ouverture supérieure du larynx, il leur est absolument impossible de respirer autrement que par les fosses nasales.

Aux *narines*, à la *bouche* comme à la *glotte* et à l'*orifice bucco-pharyngé*, des puissances musculaires, propres à maintenir ces orifices suffisamment béants, étaient nécessaires pour résister à la pression atmosphérique qui se fait sentir lors de l'inspiration, par suite du vide virtuel de la poitrine : tel est le rôle des *muscles dilatateurs* qui leur sont annexés.

Les muscles dilatateurs, qui agissent pour maintenir béantes les *narines*, dans les grandes inspirations, sont les muscles myrtiformes et élévateurs de l'aile du nez,

qu'anime le nerf facial. Aussi, après que ce nerf est reséqué ou paralysé, voit-on les ailes du nez se rapprocher de la cloison, et même s'y accoler aussi souvent que, la bouche étant close, il survient un mouvement inspiratoire profond. Dans une observation de paralysie du nerf facial *de chaque côté*, chez l'homme, observation que nous avons relatée ailleurs, souvent l'affaissement des narines était tel que, dans les fortes inspirations, elles se rapprochaient de la cloison nasale de manière à intercepter complétement le passage de l'air. — A chaque mouvement inspiratoire aussi, les *lèvres*, comme deux voiles mobiles, sortaient et rentraient selon la direction du courant d'air.

Nous verrons, plus tard, que c'est encore le nerf facial qui anime tous les muscles de l'*orifice bucco-pharyngé*, excepté les péristaphylins externes, qui sont des tenseurs du voile du palais. L'action de ces derniers muscles se rapporte surtout à la déglutition. Au contraire, les autres, qui reçoivent des filets du facial, agissent plutôt dans la respiration : tels sont notamment les *muscles dilatateurs* de l'orifice bucco-pharyngé, ou palato-staphylin et péristaphylins internes. — Nous avons mentionné les mouvements différents du voile du palais suivant qu'on respire par la bouche ou par les fosses nasales.

Quant au *pharynx*, son adhérence à des parties rigides en empêche la dépression qu'aurait amenée le vide virtuel produit par la dilatation de la poitrine. L'écartement de ses parois est maintenu, de haut en bas, par les ailes internes des apophyses ptérygoïdes, par les aponévroses buccinato-pharyngiennes et la partie postérieure du corps de l'os maxillaire inférieur, puis encore par les grandes cornes de l'os hyoïde et les deux lames du cartilage thyroïde. Ainsi se trouve assurée la béance continuelle de ce conduit dans les points où il sert de vestibule à l'air, tandis que ses parois sont contiguës dans l'endroit où il est exclusivement affecté à la déglutition.

Nous arrivons enfin à la *glotte*. Cet orifice mobile a pour agents dilatateurs les plus puissants des muscles intrinsèques du larynx, c'est-à-dire les *crico-aryténoïdiens postérieurs*, dont la contraction dépend des nerfs récurrents ou laryngés inférieurs. Examine-t-on, sur l'animal vivant, l'intérieur d'un larynx privé de ces nerfs et partant de l'action de ces muscles, à chaque mouvement inspiratoire un peu intense on voit la glotte se fermer ou tendre à se fermer, au lieu de s'ouvrir, comme il arrive à l'état normal dans ce temps de la respiration ; et l'on reproduit facilement cette tendance à l'occlusion, lorsque, ayant adapté un soufflet à la trachée-artère d'un animal mort, on vient à aspirer l'air par la glotte (*). Au contraire, cette tendance est contre-balancée, dans l'état de vie normal, par l'action des deux *crico-aryténoïdiens postérieurs*, muscles essentiellement inspirateurs, qui, en se contractant, tiennent les lèvres de la glotte écartées, et préviennent ainsi l'effet de la pression atmosphérique, lors de chaque mouvement d'inspiration. — Par conséquent, en raison de la raréfaction de l'air intérieur, durant l'inspiration, la glotte, comme la narine, a besoin d'être soutenue contre la pression de l'air extérieur, qui les fermerait l'une et l'autre, car les ligaments de la première et les fibro-cartilages de la seconde n'ont point par eux-mêmes une résistance suffisante.

(*) En nous occupant plus loin de l'*influence du système nerveux sur la respiration*, nous dirons comment la configuration différente de la glotte, *suivant les âges et les espèces*, fait varier les effets dont il s'agit.

Quant au *poumon*, qui, chez les Mammifères, est le dernier terme de l'itinéraire du fluide atmosphérique, un chapitre spécial sera réservé à l'étude de son *mécanisme* dans l'accomplissement de la fonction respiratoire.

III. — Nous aurons occasion de démontrer, plus tard, combien le besoin de respirer varie dans les diverses espèces animales ; il en est de même de la *fréquence des mouvements respiratoires*, qui est très variable aussi chez beaucoup d'animaux, quoique appartenant à la même classe.

a. — Pour ne parler d'abord que des Mammifères, on peut établir qu'en général les inspirations sont plus fréquentes dans les petites espèces que dans les grandes. D'après Scoresby (1), le nombre des respirations, chez la Baleine, n'est que de 4 à 5 par minute ; tandis que, comme chacun est à même de l'observer, il est de 40 à 50 chez le Cabiai et le Lapin, de plus de 60 chez la Souris, etc. Le Cheval et le Bœuf respirent de 10 à 12 fois par minute ; le Mouton de 14 à 16 ; le Chien et le Chat de 20 à 25, etc.

La même relation paraît exister, chez les Oiseaux, entre leur taille et la fréquence de leurs mouvements respiratoires ; c'est-à-dire qu'assez lents chez les grandes espèces, plus rapides chez les moyennes, ces mouvements s'accélèrent très notablement chez les plus petites.

Il est généralement admis que, dans l'espèce humaine, la moyenne des inspirations, par minute, est de 18 pour les individus adultes. Des observations faites par Hutchinson (2), sur 1714 personnes, il résulte que, chez 141, le nombre des inspirations était soit au-dessous de 16, soit au-dessus de 24, et que, pour le reste, un tiers offrait 17 ou 18 inspirations, un autre tiers 20, et que le dernier tiers dépassait 20 sans atteindre à 25.

Chacun sait combien l'*exercice musculaire* influe sur la rapidité des mouvements respiratoires : il suffit, par exemple, d'une course de quelques instants pour quadrupler ou même quintupler le nombre des inspirations. Cette plus grande fréquence des inspirations coïncide d'ailleurs avec une plus grande accélération du pouls.

Au contraire, pendant le *sommeil*, les mouvements respiratoires sont en général plus lents que durant la veille, à l'état de repos. Le ralentissement dû au sommeil est d'environ un quart chez l'homme.

Quant à l'*âge*, son influence est des plus sensibles. En considérant le nombre des inspirations dans l'espèce humaine aux différents âges, Quetelet (3) a trouvé par minute, pour les moyennes et les valeurs limites, d'après environ 300 individus :

(1) *An Account of the Arctic Regions*, 1820, t. I, p. 465, 468 ; t. II, p. 247.
(2) *On the Capacity of the Lungs* (*Med. Chir. Transact.*, t. XXIX, p. 226).
(3) *Sur l'homme et le développement de ses facultés, ou Essai de physique sociale*, t. II, p. 86. Paris, 1835.

AGES.	INSPIRATIONS.		
	MOYENNE.	MAXIMUM.	MINIMUM.
0..... ans.	44	70	23
5..... ans	26	32	
15 à 20 ans.	20	24	16
20 à 25 ans.	18,7	24	14
25 à 30 ans.	16,0	21	15
30 à 50 ans.	18,1	23	11

Il ne paraît pas, dit Quetelet, que la différence des *sexes* ait une influence plus marquée à un âge quelconque que vers l'époque de la naissance; peut-être néanmoins trouverait-on une légère accélération pour les femmes, d'après les nombres que relate encore ce savant statisticien.

L'état hygrométrique et la *température* de l'air ambiant peuvent modifier la fréquence des mouvements respiratoires. Dans une atmosphère humide, assez généralement ils se ralentissent; mais l'effet est bien autrement sensible, chez certains animaux, dans le cas où l'atmosphère se refroidit. Saissy (1), surtout, a réuni à ce sujet un assez grand nombre d'observations. Nous nous bornerons ici à rappeler que, chez les animaux hibernants, la respiration devient de plus en plus rare à mesure que le thermomètre baisse davantage, et même qu'elle finit par n'être plus appréciable quand l'engourdissement est devenu complet.

Il n'entre pas dans notre cadre d'examiner les relations qui existent entre la fréquence des mouvements respiratoires et certaines maladies du cœur ou du poumon, la phthisie et l'emphysème pulmonaires, etc.

b. — Nous n'avons pas à revenir sur la détermination *de la quantité d'air* mis en circulation, soit pendant les mouvements normaux de la respiration, soit lors d'inspirations et d'expirations forcées; cette étude a été faite précédemment (p. 510 et suiv.). Ce que nous voulons rappeler, en ce moment, c'est que la fréquence plus ou moins grande des mouvements respiratoires influe sur leur étendue, et partant sur la *quantité d'air inspiré dans un temps donné* : il est expérimentalement établi, en effet, que cette quantité est moindre dans le cas où les inspirations sont rapides que dans celui où elles sont plus lentes (2).

c. — Les deux mouvements inspiratoire et expiratoire, desquels résulte une respiration complète, se succèdent d'après un *rhythme* déterminé. La durée de l'inspiration n'est pas égale à la durée de l'expiration; cette dernière est la plus longue (*). On peut distinguer quatre temps dans chaque respiration complète : 1° le mouvement inspiratoire; 2° le temps de repos qui y succède, ou pause inspiratoire; 3° le mouvement expiratoire, et 4° la pause expiratoire. Celle-ci, qui précède l'inspira-

(1) *Rech. expérim. anat. chim., et phys. sur les animaux mammifères hibernants*, Mémoire couronné en 1807 par l'Institut de France.

(2) G. VALENTIN, *Grundriss der Physiologie*, p. 253.

(*) C'est le contraire que nous avons toujours observé chez les chiens, après la section des nerfs pneumogastriques; l'*expiration devenait notablement plus courte que l'inspiration*.

tion, est généralement bien marquée (à moins de respiration très rapide) et sa durée est, en moyenne, d'environ le quart de la durée totale d'une respiration complète. Quant à la pause inspiratoire, ou temps de repos précédant l'expiration, elle est constamment fort courte et souvent n'est guère appréciable, comme dans le cas où l'individu précipite sa respiration.

On doit à Vierordt et Ludwig (1) quelques recherches récentes sur le rhythme respiratoire, qu'ils ont faites à l'aide d'un instrument particulier (le kymographion) : c'est un levier qui, par l'une de ses branches, s'applique contre la partie antérieure et inférieure du sternum, et qui, par l'autre branche portant un crayon, trace sur le papier une ligne courbe correspondant aux mouvements d'élévation et d'abaissement du sternum.

d. — Il est évident que les mouvements respiratoires sont soumis à la volonté qui peut les accélérer ou les ralentir, les renforcer, les diminuer ou même les suspendre. Mais cette suspension ne saurait avoir lieu au delà d'un terme très court, par la seule intervention directe de la volonté ; aussi les mouvements dont il s'agit appartiennent-ils à la classe de ceux qu'on nomme *semi-volontaires* et que l'on fait en partie dépendre du *pouvoir réflexe* ou excito-moteur de l'axe cérébro-spinal. D'ailleurs les mouvements respiratoires ne persistent-ils pas, avec une grande régularité, durant le sommeil ? Ne les observe-t-on pas aussi chez les apoplectiques ou chez les animaux auxquels on a enlevé l'encéphale, en respectant le *bulbe rachidien* ou centre réflectif, sans lequel la respiration ne saurait plus s'accomplir ?

Plus loin, en étudiant les rapports du système nerveux avec cette grande fonction, nous ferons voir que les mouvements multiples de la respiration, qui s'exécutent soit à la tête (dans les narines, la bouche et le voile du palais), soit au cou (à l'extérieur et à l'intérieur du larynx), soit enfin au tronc (dans les épaules, les parois du thorax et de l'abdomen), nous ferons voir, dis-je, qu'en effet tous ces mouvements réflexes respiratoires ont le même centre coordinateur (bulbe rachidien), et que la lésion de ce dernier organe suffit pour arrêter aussitôt le jeu d'un mécanisme si complexe.

IV. — Les mouvements alternatifs qui déterminent l'ampliation et le resserrement de la cavité thoracique n'ont point manqué assurément d'exciter l'attention des physiologistes ; mais souvent on a paru plus pressé de s'occuper des détails de leur mécanisme, que d'en établir d'abord les caractères les plus généraux.

Cependant quelques observateurs se sont appliqués à envisager sous toutes leurs faces les phénomènes dont il s'agit ; nous citerons notamment Beau et Maissiat (2) puis Sibson (3), dont les recherches nous paraissent être à la fois les plus complètes et généralement les plus exactes qu'on ait publiées dans ces derniers temps.

Et d'abord, d'après Beau et Maissiat, les *divers modes de respiration*, chez l'homme et les Mammifères, peuvent être rapportés à trois types principaux. — Dans le *type abdominal*, les côtes restent immobiles et l'action respiratoire ne s

(1) *Beiträge zur Lehre von den Athembewegungen* (*Archiv für Physiol. Heilkunde*, 185 t. XIV, p. 253).

(2) *Recherches sur le mécanisme des mouvements respiratoires* (*Archiv. gén. de méd.*, 184 3ᵉ série, t. XV ; 1843, 4ᵉ série, t. I, II, III).

(3) Sibson, *Of the Mechanism of Respiration* (*Philos. Transact.*, 1846).

révèle que par les mouvements du ventre, qui devient saillant durant l'inspiration et se déprime pendant l'expiration. — Dans le *type costo-inférieur*, les mouvements respiratoires ont lieu surtout au niveau des côtes inférieures, à partir de la septième inclusivement ; ils diminuent graduellement et rapidement à mesure qu'on s'élève vers les cinquième, quatrième et troisième côtes : la seconde et la première sont immobiles; le sternum, qui suit le mouvement des côtes, se meut un peu, mais dans sa partie inférieure seulement, et la paroi abdominale reste immobile. — Enfin, dans le *type costo-supérieur*, les mouvements respiratoires ne sont bien manifestes que vers les côtes supérieures, surtout la première, qui sont portées en haut et en avant. La clavicule participe à ce mouvement. La partie supérieure du sternum s'élève aussi dans la même direction et de la même quantité que la première côte et la clavicule.

Ces différents types de respiration ne s'observent pas indistinctement chez tous les individus de notre espèce, ni à tous les âges de la vie. Beau et Maissiat ont constaté qu'en général chacun a son mode particulier de respiration qu'il conserve invariable; puis, étendant leurs investigations, ils ont établi que, dans les premiers mois de la vie, et souvent jusqu'à la fin de la troisième année, on rencontre le type abdominal chez les enfants des deux sexes, contrairement à l'opinion de Haller (1) qui s'exprime ainsi à cet égard : « Considerate puerum anni unius » et puellam ejusdem ætatis in eodem lecto una dormientes, videbis, in puella, quando » inspirat, totam thoracis molem ascendere versus jugulum ; in puero viro inspirante » thoracem et claviculas vix moveri. » Ce serait seulement à partir de la troisième année que, d'après Beau et Maissiat, les trois types commenceraient à se caractériser suivant les individus : ainsi le type costo-supérieur s'observe particulièrement chez les filles, tandis que les garçons présentent le type costo-inférieur ou bien l'abdominal en proportion à peu près égale. Les différences entre les deux sexes apparaissent plus tranchées à mesure que les individus avancent en âge. Ce fait avait déjà frappé Boerhaave ; et, quand Haller, commentant l'opinion de son illustre maître, ajoute : « in viro adulto pectus vix movetur, quidquam dum respirat ; in fœmina » totum sursum trahitur, ut a diaphragmate recedat : ergo vir abdomine maxime » respirat, fœmina thorace », Haller avance une assertion qui n'est pas tout à fait exacte, puisque l'observation démontre que l'homme adulte ne respire pas seulement par l'abdomen, mais qu'il respire encore, et à peu près aussi souvent, par les côtes inférieures, comme dans le *type costo-inférieur*.

Le *type costo-supérieur* est le mode de respiration véritablement propre à la femme qui, du reste, le présente de très bonne heure. Chez un certain nombre de petites filles observées par F. Sibson (2), il n'aurait commencé à être bien prononcé que vers l'âge de dix à douze ans. — L'état de grossesse, qui, chez la femme, eût, avec les autres types, créé à la respiration des conditions pénibles, n'entrave pas au même degré cette fonction avec le type costo-supérieur, dans lequel les principaux mouvements se passent naturellement à la partie supérieure de la poitrine. Haller avait déjà signalé l'utilité de ce mode respiratoire.

L'usage du corset, comme on aurait pu le croire d'abord, n'est pour rien dans le développement de ce mode de respiration particulier à la femme ; il ne tend qu'à l'exagérer. On trouve le type costo-supérieur parfaitement établi chez des filles et chez des femmes qui n'ont jamais porté cette espèce de vêtement.

(1) *Prælectiones academ.*, t. V, p. 144.
(2) *Of the Mechanism of Respiration* (*Philos. Transact.*, 1846).

Étendant leurs observations à quelques animaux, Beau et Maissiat ont reconnu le type abdominal dans la respiration du Cheval, du Chat, du Lapin, et le type costo-inférieur chez le Chien. Ils n'ont jamais rencontré le type costo-supérieur chez ces quadrupèdes, dont la marche eût pu difficilement se concilier avec les exigences de ce mode de respiration que, par conséquent, on peut regarder comme propre à l'espèce humaine, et à la femme plus particulièrement.

V. — Dans l'inspiration, l'agrandissement antéro-postérieur et l'agrandissement transversal du thorax sont déterminés par les *mouvements des côtes et du sternum* (*).

En arrière, les *côtes* s'articulent avec la colonne vertébrale, sur laquelle elles prennent un point d'appui, centre de leurs mouvements; et, en avant, elles sont la plupart en rapport médiat avec le sternum. Leur *degré de mobilité* respective constitue un fait qui a été interprété de manières différentes et même des plus opposées. Haller (1), on le sait, niait la mobilité de la première côte; dans ses expériences sur les animaux et ses observations sur l'homme, il avait, disait-il, toujours reconnu l'immobilité de cette côte même au milieu des plus fortes inspirations. Cette opinion paraissait acceptée dans la science, quand Magendie (2), se fondant sur la disposition anatomique de l'articulation costo-vertébrale, prétendit que la première côte était la plus mobile de toutes; il rappela, dans ce but, qu'elle offre une seule facette articulaire à sa tête, qu'elle ne s'articule qu'avec une seule vertèbre, qu'elle n'a point de ligament interosseux costo-vertébral, etc. Après lui, Bouvier (3) soutint la même manière de voir. On peut heureusement se rendre compte de ces dissidences, qu'on est d'ailleurs surpris de rencontrer quand il s'agit de faits matériels faciles à constater. Nous acceptons l'observation de Haller comme exacte : n'ayant examiné que des animaux ou des hommes, chez lesquels le type costo-supérieur n'existe pas, il a dû rencontrer l'immobilité de la première côte, immobilité qui constitue en effet un caractère de ce mode de respiration. Haller n'a eu que le tort de généraliser son observation; et, quant à regarder la première côte comme la plus mobile de toutes, on ne peut guère nier qu'il n'en soit ainsi quand on examine la respiration chez les sujets qui respirent avec le type costo-supérieur, et spécialement chez la femme. L'opinion de Magendie ne doit donc avoir qu'un sens restreint, et la mobilité de la première côte variera suivant le type respiratoire et suivant les sujets. Les mêmes variations s'observent pour les côtes moyennes et inférieures. Il faut faire une exception à l'égard des deux dernières, appelées aussi *côtes flottantes* : celles-ci jouissent d'une mobilité extrême, qui est due à ce qu'elles n'ont aucun moyen solide d'union avec les apophyses transverses des vertèbres, à ce que leur extrémité antérieure est libre, et qu'elles manquent, comme la première, de ligament interosseux costo-vertébral.

La plupart des côtes sont prolongées en avant par un cartilage, de même forme, qui les continue jusqu'au sternum, avec lequel elles s'unissent. Une membrane synoviale existe ordinairement dans le point de réunion de la partie cartilagineuse avec la partie osseuse de la côte. Parmi les articulations sterno-costales, la

(*) Quant à l'agrandissement de la poitrine *dans le sens vertical*, nous verrons plus loin qu'il est dû à la contraction et à l'abaissement simultanés du diaphragme.

(1) *Elementa physiologiæ*, t. III, p. 23.
(2) *Précis élémentaire de physiologie*, t. II, 4e édit., p. 315.
(3) *Recherches d'anat. et de physiol.* Thèse inaug., Paris, 1823.

première présente souvent une soudure véritable du sternum et de la première côte, dont le cartilage, court, épais, presque toujours ossifié, ajoute dans ce cas à l'inflexibilité de cet arc osseux ; de telles conditions sont en harmonie avec le type costo-supérieur, dans lequel le sternum et la première côte sont mus simultanément. Les cartilages des côtes moyennes et inférieures sont longs, élastiques, et de plus mobiles dans leurs articulations chondro-sternales ; c'est pourquoi, lorsque les mouvements respiratoires se passent au niveau des côtes inférieures, la partie inférieure du sternum se déplace si peu proportionnellement.

Rappelons aussi que la clavicule, en raison de ses rapports avec la première côte et de son articulation profondément enclavée dans le sternum, forme en quelque sorte, avec ces deux os, un même système, et les suit dans leurs différents mouvements.

Les côtes sont des arcs longs et flexibles. Leur flexibilité n'est bien prononcée qu'entre leur angle et le sternum. La direction des côtes est oblique de haut en bas et d'arrière en avant ; mais, dans tout leur trajet de la colonne vertébrale au sternum, elles ne conservent point une position parallèle : elles s'écartent bientôt les unes des autres, et laissent entre elles des intervalles inégaux. En effet, il est facile de le constater, les espaces intercostaux sont d'autant plus larges, qu'on les considère plus près du sternum. Beau et Maissiat ont appelé l'attention sur cette disposition, et, en même temps, ils ont reconnu que, chez les femmes surtout et chez les individus qui respirent avec le type costo-supérieur, les espaces intercostaux supérieurs sont proportionnellement bien plus grands que ceux des côtes inférieures. Ils ont fait encore remarquer que, chez les individus à type costo-inférieur, l'intervalle qui sépare la sixième de la septième côte est notablement plus large que les autres, surtout à la partie antérieure ; qu'enfin, la partie thoracique, comprise entre la sixième et la onzième côte, offre, au niveau de sa portion cartilagineuse, une saillie que le doigt reconnaît facilement, s'il est promené dans l'espace qui sépare la septième côte de la sixième.

Si maintenant nous voulons connaître le jeu des côtes dans les deux mouvements alternatifs dont se compose l'acte respiratoire, nous constaterons d'abord qu'à chaque *inspiration*, il y a augmentation des intervalles intercostaux. Ce changement dans le rapport des côtes entre elles est d'autant plus prononcé, qu'on l'examine plus près de leur extrémité antérieure ou intercartilagineuse, et l'on comprend qu'il faille, pour en bien constater l'évidence, le rechercher dans la partie supérieure ou inférieure du thorax, suivant le mode de respiration des sujets. C'est pour avoir négligé cette précaution que les auteurs ont émis des opinions si peu concordantes sur ce point d'observation directe. Borelli (1) soutint que l'espace intercostal diminuait pendant l'inspiration : cette manière de voir, présentée pour appuyer une théorie non moins contestable et démentie par l'observation, fut néanmoins adoptée en partie par Haller, qui, lui aussi, avait besoin de croire à la diminution de l'espace intercostal ou au rapprochement des côtes pendant l'inspiration, attendu qu'il regardait comme *inspirateurs* les muscles intercostaux. Toutefois Haller apportait une restriction formelle en faveur de la portion intercartilagineuse des côtes moyennes.

F. Sibson (2), examinant cette question avec soin, porta son attention sur la por-

(1) *De motu animalium*, t. II, p. 99. Lahaye, 1743.
(2) *Loc. cit.*

tion du rachis qui supporte les côtes et forme une courbure à concavité antérieure. La divisant en trois parties, dont la supérieure regarde en bas et en avant, la moyenne en avant et l'inférieure en avant et en haut, il fit trois groupes des côtes correspondant à chacune de ces parties : le groupe supérieur, ou *thoracique*, est formé des cinq premières côtes ; le groupe moyen, ou *intermédiaire*, comprend les sixième, septième et huitième côtes ; les quatre dernières côtes constituent le groupe inférieur, ou *diaphragmatique*. Sibson reconnut l'élargissement de tous les espaces intercartilagineux, à l'exception du premier, qui au contraire lui parut diminué. Quant aux espaces intercostaux, il trouva que, examinés en avant, les trois premiers sont un peu diminués, mais que tous les autres s'élargissent, surtout ceux du groupe inférieur. Sibson nota aussi l'élargissement de tous les espaces intercostaux, près de la colonne vertébrale, pendant l'inspiration. Déjà, avant lui, Ant. Marcacci (1), dans ses vivisections, avait établi que l'espace intercostal s'agrandit dans l'inspiration, mais à un degré moins appréciable que l'espace intercartilagineux.

Ainsi l'élargissement de l'espace intercostal, variable selon le type respiratoire, et d'autant plus grand qu'on se rapproche davantage du sternum, coïncide avec le mouvement d'inspiration : c'est un fait qui ne saurait être contesté. Indiquons maintenant comment se fait cet élargissement.

Durant l'*inspiration*, les côtes sont le siége d'un double mouvement, l'un d'élévation, et l'autre de rotation, qui ont lieu simultanément. Toutes les côtes à la fois se portent en haut, et ce mouvement ascensionnel est visible surtout quand la poitrine est mise en mouvement par une inspiration profonde.

Haller s'était évidemment trompé en avançant que les côtes s'élèvent successivement les unes après les autres : admettant la fixité de la première, il la faisait servir de point d'appui à la seconde pour s'élever ; celle-ci en servait à la troisième, et ainsi de suite. L'observation ne confirme aucunement cette assertion, que nous verrons plus loin être liée à l'idée que ce physiologiste se faisait du rôle des muscles intercostaux, idée tout aussi contestable.

Il n'est pas non plus exact de dire, avec Sabatier (2) que, dans l'inspiration, les côtes supérieures se dirigent en haut, les moyennes en dehors, les inférieures en bas; cet auteur, en invoquant, pour soutenir son opinion, la direction des surfaces articulaires vertébrales, s'appuyait sur une disposition anatomique qui n'existe pas. Le mouvement d'élévation des côtes est général ; il faut seulement excepter de cette règle les côtes flottantes qui, chez l'homme, pendant les grandes respirations abdominales, se portent en bas et en dehors. Dans ces cas, on peut aussi voir, chez le Cheval, les côtes inférieures se diriger du côté du bassin.

En montant, les côtes se redressent sur la colonne vertébrale, et, d'obliques en bas qu'elles étaient, deviennent plus ou moins horizontales ; mais, en même temps, elles exécutent un certain mouvement, qu'on appelle généralement *mouvement de rotation*. Dans ce mouvement, l'arc osseux semble tourner autour d'un axe qui serait représenté par une ligne passant par ses deux extrémités ; la face externe de la côte s'incline en haut, l'interne en bas, son bord supérieur en dedans, l'inférieur en dehors. Ajoutons que, dans ce double mouvement d'élé-

(1) *Sul meccanismo dei moti del petto* (*Miscell. med. chir. farmaceut.*, Pisa, 1843).
(2) *Mém. sur les mouvements des côtes, etc.* (*Mém. de l'Acad. des sc.*, 1778, p. 347).

vation et de rotation, les ligaments articulaires des côtes sont nécessairement distendus, et que les cartilages sterno-costaux éprouvent une légère torsion proportionnelle à leur longueur et à leur flexibilité.

Le *sternum*, lié à la plupart des côtes par les cartilages sterno-costaux, peut en suivre les mouvements et s'élever avec elles dans l'inspiration. S'il est immobile dans le type respiratoire abdominal, il se meut dans sa moitié inférieure dans le type costo-inférieur; et, dans le type costo-supérieur, on le voit s'élever avec les premières côtes. Mais, en général, quelque grands que soient les mouvements du sternum, ils ont sensiblement moins d'étendue que ceux des côtes. Gerdy (1), qui n'avait pas tenu compte des différents types respiratoires, reconnaissait que le sternum exécute trois espèces de mouvements : l'un d'*ascension*, que tout le monde admet, et que, dans le cas où la respiration se fait avec activité, cet observateur évalue à près d'un pouce, mesuré à l'une ou à l'autre extrémité de cet os; l'autre de *projection*, en vertu duquel le sternum est porté en avant. Si, dans le mouvement de projection, cet os est poussé en avant plus à son extrémité inférieure qu'à son extrémité supérieure, il doit éprouver en même temps, selon Gerdy, un troisième mouvement, qui est celui de *bascule*. Ce dernier est contestable, et Haller, tout en reconnaissant la projection en avant du sternum, admettait que dans ce mouvement la partie supérieure du sternum s'avance bien moins que l'inférieure, qui, plus mobile, décrit une sorte d'arc de cercle autour de la première. Mais ce n'est point là le mouvement de bascule, tel que le comprenait Gerdy.

Des mouvements combinés des côtes et du sternum, résulte l'ampliation de la poitrine, du moins dans ses diamètres antéro-postérieur et transversal. Cette augmentation de la capacité thoracique, d'ailleurs variable comme le volume d'air introduit et l'effort respiratoire qui y préside, est le caractère fondamental de l'inspiration (*).

Dans le mouvement d'élévation, l'extrémité antérieure de chaque côte s'éloigne de la colonne vertébrale. Ce redressement de la côte dans sa courbure augmente nécessairement le diamètre antéro-postérieur de la cavité thoracique. Le sternum est porté d'autant en haut et en avant. L'allongement de la côte est aussi favorisé par le léger mouvement qui se passe au point d'union du cartilage avec cet os, et le coude qu'ils forment l'un avec l'autre tend à disparaître plus ou moins complétement. Chez les Oiseaux, ce point de jonction est une véritable articulation entre les côtes sternales et les côtes vertébrales qui présentent là un angle prononcé : cet angle augmente d'ouverture lors de l'élévation de la côte ; c'est là un exemple tranché d'une disposition qui n'est que faiblement accusée chez l'homme.

Les côtes variant en longueur, le redressement de la courbure de la côte sera nécessairement d'autant plus grand que celle-ci sera plus longue; par conséquent, on peut avancer, d'une manière générale, sans tenir compte des types respiratoires, que l'agrandissement d'avant en arrière de la cavité thoracique est surtout considérable au niveau des septième, huitième et neuvième côtes.

Nous l'avons dit plus haut, les côtes, en même temps qu'elles s'élèvent, éprouvent un mouvement de rotation, en vertu duquel elles s'écartent de la ligne mé-

(1) *Arch. gén. de méd.*, t. VII, p. 515, année 1835.

(*) Quelques physiologistes se sont appliqués à mesurer et à expliquer cette dilatation. — Consultez, à ce sujet, ce que nous avons dit précédemment (p. 511 et suiv.). — Voir aussi GERDY, *loc. cit.*, HOURMANN et DECHAMBRE, dans *Arch. génér. de méd.*, nov. 1835.

diane de la poitrine : c'est ce mouvement, négligé ou inaperçu par Haller, qui détermine l'agrandissement du thorax dans son diamètre transversal ; et, dans l'ampliation du thorax, il a une plus grande part que le mouvement d'élévation. Il est surtout marqué à la partie antérieure des côtes, et, en effet, tout à l'heure nous avons remarqué l'élargissement prononcé des espaces intercartilagineux dans l'inspiration.

Nous ne nous arrêterons pas à discuter la doctrine de Bernouilli et Hamberger, basée sur le théorème des tiges parallèles et inflexibles se relevant sur la tige qui leur sert de point d'appui. Elle n'est pas applicable dans l'espèce. Nous nous contenterons de faire observer que ces auteurs n'ont pas tenu compte du mouvement de rotation des côtes qui accompagne leur mouvement ascensionnel ; que, de plus, les côtes non-seulement ne sont pas parallèles dans toute l'étendue de leur trajet, mais encore qu'elles s'écartent inégalement dans les différents points de ce trajet ; double condition qui est inconciliable avec le théorème posé par ces anciens physiologistes.

Dans l'*expiration*, les côtes et le sternum retournent à leur position primitive : ils décrivent, en sens inverse, les mouvements que nous venons d'indiquer. Ainsi le thorax éprouve une sorte de resserrement, une réduction de ses diamètres transversal, antéro-postérieur et vertical, proportionnelle à l'intensité de l'expiration. Il est bon de signaler déjà que, dans l'état le plus ordinaire, ce temps de la respiration s'accomplit par la seule élasticité des parties et la cessation du mouvement qui leur avait été communiqué par l'inspiration. Mais nous verrons bientôt que l'expiration peut aussi porter plus loin son mouvement de retrait ; qu'en effet la cavité thoracique peut se resserrer davantage dans certaines circonstances où l'expiration, s'achevant à l'aide de puissances musculaires, devient plus énergique pour des besoins particuliers de l'organisme.

VI. — Les mouvements que nous venons d'étudier dans les pièces mobiles du thorax ont pour *agents* un certain nombre de *muscles* diversement disposés au cou et au tronc. Ces muscles, nous le verrons bientôt, sont loin de prêter à l'acte respiratoire un égal concours : les uns ont un rôle essentiel, les autres n'ont qu'un rôle secondaire, et plusieurs n'entrent en contraction que dans des occasions exceptionnelles. On s'accorde assez généralement à les diviser en deux groupes, réunissant d'un côté tous ceux qui agissent dans le mouvement d'inspiration, et de l'autre, tous ceux qui servent à l'expiration : de là cette division, bien connue, des muscles respiratoires en *inspirateurs* et en *expirateurs*. En étudiant l'action de ces puissances musculaires, il nous faudra néanmoins signaler les divergences de quelques auteurs sur ce point, car tous ne s'en sont pas tenus rigoureusement à la précédente division. C'est ainsi qu'un même muscle (le grand pectoral, par exemple) est réputé agir par une portion de ses fibres dans l'inspiration, et par l'autre dans l'expiration ; que d'autres fois on a refusé à quelques muscles évidemment respiratoires toute espèce de concours actif, etc. Ce n'est qu'après avoir exposé les données que la science possède sur ces divergences que nous devrons en apprécier la valeur, et formuler, autant que possible, une opinion sur le rôle véritable qu'il faut assigner à chacun des différents muscles dans les mouvements de la respiration.

Au moment de passer en revue les *agents musculaires des mouvements respiratoires*, rappelons qu'ils appartiennent : — 1° les uns, à la région du thorax ; — 2° les autres, à la région du cou ; — 3° plusieurs autres, à la région de l'abdomen.

Déjà, en traitant du *mécanisme des orifices* et des *conduits aériens*, nous avons eu occasion de signaler les agents musculaires des mouvements respiratoires qui ont lieu, soit dans les narines, la bouche et le voile du palais, soit dans le larynx, la trachée-artère et les bronches. Nous n'avons pas à y revenir.

1° — Parmi les muscles qui, *à la région du thorax*, concourent aux mouvements de la respiration, les intercostaux vont d'abord arrêter notre attention.

a. — Dans l'étude de l'*action des muscles intercostaux*, on peut assurément commencer par éliminer l'opinion de certains physiologistes qui ont soutenu que les intercostaux internes et externes ne se contractent ni dans l'inspiration, ni dans l'expiration, et que leur usage se borne à fermer, à compléter la cavité thoracique, à remplir seulement l'office d'une paroi immobile. Il suffit, pour réfuter une pareille manière de voir, de rappeler que, dans l'économie, partout où l'on constate la présence de fibres musculaires, il y a contraction, et, par conséquent, mouvement. Nul doute que, du concours de ces muscles, de leur disposition, de leur structure fortifiée de fibres aponévrotiques, la paroi thoracique ne tire une partie de sa solidité, de son élasticité et de sa souplesse ; mais l'observation directe y démontre aussi l'existence de véritables contractions musculaires en rapport avec certains mouvements de la respiration. — C'est sur les effets de ces mouvements que les auteurs se sont singulièrement divisés. Beau et Maissiat, en rapprochant les principales opinions émises avant eux, ont dressé un tableau curieux des contradictions et des incertitudes qui règnent sur ce point dans la science (*). Ces deux expérimentateurs ont certainement répandu sur la question une lumière nouvelle. Mais, après eux, d'autres observateurs, tels que Debrou (1), Marcacci (2), Sibson (3), et Hutchinson (4), ont cherché à la résoudre, et chacun dans un sens différent ; s'ils n'ont pas, dans notre opinion, ébranlé les résultats des travaux de Beau et Maissiat, nous pensons qu'il faut néanmoins tenir compte de leurs recherches, et les regarder comme des éléments acquis pour la solution de ce difficile problème.

Les muscles intercostaux, qui, comme on le sait, sont distingués en *internes* et en *externes*, remplissent à eux deux l'espace intercostal. Les intercostaux externes commencent en arrière, près de la colonne vertébrale ; ils ont leurs fibres oblique-

(*) Voici ce tableau : « 1° Les muscles intercostaux, externes et internes, sont les uns et les autres *inspirateurs* (Borelli, Sénac, Boerhaave, Winslow, Haller, Cuvier, etc.) ; 2° les muscles intercostaux, internes et externes, sont les uns et les autres *expirateurs* (Vésale, Diemerbroeck, Sabatier) ; 3° les intercostaux externes sont *expirateurs*, et les internes *inspirateurs* (Galien, Bartholin) ; 4° les intercostaux externes sont *inspirateurs*, et les internes *expirateurs* (Spigel, Vesling, Hamberger) ; 5° les intercostaux, externes et internes, sont à la fois *inspirateurs* et *expirateurs* (Mayow, Magendie, Bouvier, Burdach, etc.) ; 6° les deux intercostaux agissent de concert, mais leurs fonctions varient suivant les différents points de la poitrine : ils sont *inspirateurs* dans un endroit, et *expirateurs* dans un autre (Berhens, etc.) ; 7° enfin, les deux intercostaux n'exécutent aucun mouvement d'inspiration ou d'expiration, ils font seulement l'office d'une paroi immobile (Van Helmont, Arantius, Neucranzius). »

(1) *Note sur l'action des muscles intercostaux* (*Gazette médicale*, t. XI, p. 344).

(2) *Loc. cit.*

(3) *Loc. cit.*, p. 535.

(4) In TODD's *Cyclopædia of Anatomy and Physiology*, vol. IV, art. THORAX.

ment dirigées de haut en bas et d'arrière en avant, et s'arrêtent à l'union d
la côte avec le cartilage. Les intercostaux internes, au contraire, commencen
au sternum, ont une direction opposée à celle des externes, et finissent en arriè
à l'angle des côtes. Il en résulte que, dans leur partie moyenne seulement, le
deux muscles sont adossés l'un à l'autre. Du reste, chaque muscle intercostal e
limité à l'espace qui le renferme et ne communique avec aucun autre muscle
seulement, à l'ouverture antérieure de l'intervalle des deux côtes flottantes, o
voit manifestement les fibres de l'intercostal externe se continuer avec celles d
l'oblique externe de l'abdomen, et l'intercostal interne confondre les siennes ave
celles de l'oblique interne ; de manière que ces quatre muscles offrent, là, deu
plans musculaires coupés par les deux dernières côtes dans une partie de leu
trajet. Ces notions anatomiques, que nous rappelons sommairement, pourront nou
aider à mieux comprendre l'action des intercostaux.

Après avoir reconnu d'une manière positive la contraction des muscles inter
costaux, déterminer avec précision à quel temps de la respiration cette contrac
tion s'opère, telle est la marche à suivre pour vérifier ce qu'il y a de vrai o
d'inexact dans les opinions si diverses et si opposées des physiologistes.

Si l'on met à nu, sur un chien, les deux muscles intercostaux, et si on les exa
mine dans l'inspiration et l'expiration, on constate que, dans l'inspiration, ils s'al
longent et se durcissent, tandis que, dans l'expiration simple, ils se raccourcissen
et se ramollissent. On reconnaît encore que, dans l'inspiration, les deux intercos
taux sont comme refoulés et deviennent convexes en dehors, qu'ils sont plans dan
l'expiration simple (1). — Or, on ne saurait trouver là les véritables caractère
de la contraction musculaire ; celle-ci n'a lieu qu'autant que le muscle qui en es
le siége présente réunies ces deux conditions essentielles, le durcissement et l
raccourcissement. On peut donc dire que, dans l'*inspiration* ou l'*expiratio*
simple, les muscles intercostaux ne se contractent pas. La dureté qu'ils offrent
pendant l'inspiration, loin de s'accompagner de raccourcissement, présente u
allongement de leurs fibres et n'est due qu'à la tension produite par l'écartemen
des côtes propre à l'inspiration. D'ailleurs, dans ce mouvement d'ampliation d
thorax, le poumon vient s'appliquer à la paroi thoracique, et communiquer, en
quelque sorte, aux intercostaux son impulsion excentrique et les tendre entre leurs
deux points d'attache.

Mais poursuivons l'expérience, et nous verrons, avec les deux auteurs qui l'ont
instituée, que, dans l'*expiration complexe* (phénomène que chez les chiens les cris
développent aisément), les muscles intercostaux internes et externes se durcissent et se raccourcissent à la fois ; ils se contractent donc véritablement. En
même temps, ils font un relief notable au-dessus du niveau des côtes, et celles-ci
sont rapprochées. — Par conséquent, les intercostaux internes et externes sont des
muscles *expirateurs*, dont l'action ne s'exerce que dans l'*expiration complexe*,
c'est-à-dire quand le resserrement de la poitrine doit s'opérer avec une force qui
dépasse les besoins ordinaires de l'expiration.

Nous devons rappeler ici que, dans ses expériences sur des chiens, Haller,
ayant constaté le durcissement des intercostaux pendant l'inspiration, en avait
fait des *inspirateurs ;* mais ce durcissement, pendant l'effort inspiratoire, n'est
pas, comme on vient de le voir, le produit de la contraction musculaire, et

(1) Béau et Maissiat, *Arch. gén. de méd.*, 4e série, 1843, t. I, p. 270.

a conséquence que Haller en a tirée ne saurait être admise. Il est d'ailleurs un fait d'observation directe et d'une haute importance qui vient renverser 'opinion de Haller et de tous les physiologistes qui regardent les muscles inter-ostaux comme servant à l'inspiration : c'est que, dans l'inspiration, il y a aug-nentation de l'espace intercostal. Or, comment concilier la contraction d'un nuscle avec l'éloignement de ses deux points d'attache? Il y a là une contradic-ion physiologique évidente, et nous ne voyons pas qu'on ait encore réfuté cet rgument fondé sur une observation exacte. Ajoutons que, dans l'expiration, les ôtes se rapprochent, et cela d'autant plus, que le resserrement de la poitrine est opéré avec plus de force ; c'est précisément dans ce moment de la respiration que ous avons constaté la véritable contraction des intercostaux. — La coïncidence de a contraction musculaire avec la diminution de l'intervalle des côtes nous semble onc devoir compléter la démonstration du rôle de ces muscles dans l'expiration orcée.

On peut encore rappeler, à ce propos, que, quand sur le cadavre on fait exécuter ux côtes des mouvements alternatifs d'inspiration et d'expiration, on voit, dans ette respiration simulée, les intercostaux se tendre et s'élargir pendant l'inspira-ion, se plisser et se relâcher pendant l'expiration. Cette expérience, utile pour con-aître en général l'action d'un muscle, nous apprend que c'est dans l'expiration, ors du rapprochement des côtes, que les intercostaux ont leurs points d'attache approchés, ce qui indique nécessairement le moment de leur contraction.

Chez les Oiseaux, l'inspiration s'opère en grande partie par l'élasticité des côtes, qui se redressent après avoir été fortement rapprochées dans l'expiration. Or, les gents de ce rapprochement sont encore ici les muscles intercostaux, dont l'inter-ention, comme puissance expiratrice, devient des plus manifestes.

De l'exposé qui précède, il nous paraît donc rationnel de conclure, avec Beau t Maissiat, que les muscles intercostaux internes et externes sont des muscles xclusivement *expirateurs*, dont l'action, chez les mammifères, n'est rigoureu-ement mise en jeu que dans ce qu'on appelle l'*expiration complexe*.

Cette opinion, analogue à celle de Vésale, Diemerbroeck et Sabatier, n'est ourtant partagée par aucun des autres physiologistes que nous avons précé-lemment cités (*). Ce serait donc le moment de discuter des manières de voir i diverses et parfois si opposées ; mais l'examen détaillé de ces nombreuses lissidences ne devant ni offrir un grand intérêt, ni éclairer beaucoup la question lont il s'agit, nous croyons mieux faire en nous bornant à en indiquer les points principaux et à signaler quelques objections faites à l'opinion que nous venons l'adopter.

Jusqu'ici nous avons traité la question des intercostaux en n'établissant aucune différence entre les internes et les externes, c'est-à-dire en les regardant comme les muscles ayant une action commune et simultanée. Cette manière d'envisager 'action des intercostaux est aussi, il faut le dire, celle de la plupart des auteurs, soit qu'ils en fassent des inspirateurs ou des expirateurs, soit qu'ils leur reconnaissent ces deux rôles à la fois. Mais certains physiologistes accordent à chaque série de ces muscles un rôle différent ; ils regardent, par exemple, les *externes* comme inspirateurs, et les *internes* comme expirateurs. De ce nombre est Hamberger (1),

(*) Voir le tableau ci-dessus, en note, p. 623.

(1) *Physiologia*. Ienæ, 1751.

qui, chacun le sait, eut à ce sujet, avec Haller, un long et vif débat qui, malheureusement, servit moins la science que les passions des deux illustres adversaires. En faisant valoir contre Haller la différence et l'opposition entre la direction des fibres musculaires des deux intercostaux pour leur assigner à chacun un rôle différent ou opposé, Hamberger émettait un argument qu'on a souvent répété après lui, et qu'on peut, selon nous, victorieusement réfuter.

En effet, qu'on se rappelle, comme nous l'avons déjà fait observer, l'analogie de direction, ou mieux encore la continuité de fibres qui existe, d'une part, entre les intercostaux internes et les obliques internes de l'abdomen, de l'autre, entre les obliques externes et les intercostaux externes, et l'on n'hésitera pas à conclure de la même manière pour les muscles du thorax que pour ceux de l'abdomen. Or, la direction des obliques diffère dans chacun d'eux comme dans les deux sortes d'intercostaux; de plus, elle est la même dans les obliques internes que dans les intercostaux internes, dans les obliques externes que dans les intercostaux externes; et cependant personne n'admet que le rôle des obliques internes soit l'opposé de celui des obliques externes. Ne doit-il donc pas en être de même entre les deux intercostaux? De plus, on s'accorde à regarder les obliques internes et externes de l'abdomen comme des muscles expirateurs; il nous semble donc logique de reconnaître aux muscles intercostaux internes et externes la même action, et il faut, en définitive, les regarder comme agissant simultanément. — En un mot, les intercostaux au thorax, les obliques à l'abdomen, remplissent le même rôle et agissent dans l'*expiration*.

Hamberger, à l'appui de sa démonstration, avait fait construire une machine dans laquelle des leviers mobiles, s'articulant sur des pièces fixes, simulaient les côtes se mouvant sur la colonne vertébrale et le sternum. Entre ces leviers s'étendaient des fils figurant les fibres musculaires des intercostaux. Cette machine, mise en jeu, pouvait servir, au dire de Hamberger, à reconnaître que les intercostaux internes étaient *expirateurs* et les externes *inspirateurs*. Hutchinson aussi, dans ces derniers temps, a inventé un moyen analogue afin de démontrer que l'élargissement de l'espace intercostal coïncide avec la contraction du muscle qui le remplit. Mais, évidemment, de pareilles machines ne sont que des imitations très imparfaites de ce qu'elles prétendent reproduire, et l'on ne saurait en tirer la moindre conclusion positive pour le but qu'on se propose. La plupart des figures théoriques n'apportent pas non plus de démonstration plus rigoureuse, comme on l'a vu précédemment pour le théorème de Hamberger, à l'occasion des mouvements des côtes.

L'opinion de Hamberger fut reprise, il y a quelques années, par Ant. Marcacci (1), qui la soutint en s'appuyant de recherches faites sur les animaux. L'expérimentateur italien range aussi les *intercostaux internes* parmi les muscles expirateurs, et les *externes* parmi les inspirateurs; voici quelles preuves il allègue. « Si, dit-il, procédant de dedans en dehors, à l'intérieur du thorax, on enlevait entre les côtes un intercostal interne, on parvenait à distinguer avec une clarté suffisante que le muscle intercostal externe se fronce, se raccourcit et se durcit dans l'inspiration, et perd ces caractères dans l'expiration. » Dans une autre expérience, d'une exécution plus facile que la précédente, Marcacci, ayant enlevé une grande partie de l'intercostal externe, assure avoir vu manifestement,

(1) *Mém. cit.* — Les animaux qui ont servi aux expériences de MARCACCI sont un chien, deux chats, quatre lapins et quelques rats.

pendant l'expiration, sur l'intercostal interne découvert entre les côtes, les signes de contraction qu'il avait observés sur l'intercostal externe pendant l'inspiration : « Et si, ajoute-t-il, on avait soin de préparer les parties de manière à pouvoir observer simultanément les deux muscles, l'un au-dessus et l'autre au-dessous de la même côte, on voyait très bien la contraction alterne de leurs fibres. »

Le même expérimentateur, cherchant, à l'aide du galvanisme, à confirmer le résultat de ses vivisections, dirigea le courant voltaïque dans le quatrième espace intercostal sur le muscle intercostal externe (le thorax n'étant pas ouvert sur l'animal à peine mort), et il vit s'opérer l'élévation de la cinquième côte. Il enleva tout ce muscle du cinquième espace, et appliqua l'agent électrique sur l'intercostal interne : la cinquième côte s'abaissait chaque fois que s'établissait le courant. Poussant plus loin l'expérience, Marcacci ouvrit largement le cinquième espace intercostal, puis portant l'action galvanique sur les intercostaux externes du quatrième et du sixième espace, il vit la contraction du quatrième intercostal élever la cinquième côte et la contraction du sixième l'abaisser; et il en était tout à fait de même pour les muscles intercostaux internes, avec ceci de remarquable, que l'élévation de la cinquième côte s'opérait mieux par le muscle intercostal externe que par l'interne, et réciproquement pour l'abaissement de la sixième.

La conclusion à tirer de ces expériences, serait que, dans toute la longueur des côtes, les muscles intercostaux auraient une action différente et opposée : les *internes* seraient expirateurs, et les *externes* inspirateurs. Nous verrons plus loin que Marcacci établit quelque différence pour l'espace intercartilagineux.

Nous ne chercherons pas à mettre cette opinion en regard de celles qui s'en rapprochent ou qui lui sont opposées, nous nous contenterons de renvoyer le lecteur à ce qui a été dit précédemment sur ce qu'il faut penser de la différence d'action attribuée par certains auteurs aux intercostaux internes et externes. Et, s'il est vrai qu'avec Marcacci on ne devrait regarder comme *expirateurs* que les *intercostaux internes*, nous allons citer une expérience de Beau et Maissiat (1) qui tendrait à déposséder les *intercostaux externes* du rôle d'*inspirateurs* que leur attribuent d'ailleurs aussi un certain nombre d'auteurs, tels que Hamberger, Spigel, Sénac, Cuvier, etc.

Sur un chien vivant, Beau et Maissiat enlevèrent les muscles grands et petits pectoraux, les dentelés, les scalènes, etc. (qui sont tous des inspirateurs), et ne conservèrent que les intercostaux : ils virent néanmoins, dans cet état, la respiration se continuer tout à fait comme avant la mutilation. Il semblait alors que les intercostaux fussent réellement des inspirateurs. Mais, poursuivant l'expérience, ils pratiquèrent, de chaque côté du thorax, une incision qui, s'étendant de la colonne vertébrale au sternum, parcourait tout le trajet du sixième espace intercostal. La poitrine se trouvait donc ainsi divisée transversalement en deux parties. Ils observèrent encore quelques inspirations, malgré l'étendue de la plaie et l'affaissement des poumons qui survint immédiatement. Mais ils constatèrent aussi que le mouvement inspiratoire était aussi marqué qu'avant la section, dans tout le segment inférieur du thorax, même sur la première côte à partir de l'incision, c'est-à-dire sur la septième. — De cette expérience Beau et Maissiat concluent que le mouvement inspiratoire s'opère en dehors de l'action des muscles intercostaux, « puisque, disent-ils, on voit la septième côte continuer de se porter en haut et en dehors, bien que les

(1) *Mém. cit.*, 2e art., *Archiv. génér. de méd.*, 4e série, t. I, p. 274.

muscles intercostaux qui s'unissent à son bord supérieur soient détruits dans toute leur longueur. » — Debrou (1) vérifia, sur un lapin, l'exactitude de l'expérience de Beau et Maissiat, mais il en attaqua les conclusions, prétendant que la contraction des intercostaux restés intacts expliquait le mouvement du segment inférieur; à quoi ces auteurs ont répondu que le même mouvement persiste, si *tous* les muscles intercostaux de ce segment sont détruits. Ils ajoutent, comme condition nécessaire, que le diaphragme ne soit pas lésé, et que la section soit pratiquée avec beaucoup de promptitude.

Lorsque nous avons étudié les mouvements des côtes dans l'acte respiratoire, nous avons constaté que, dans l'inspiration, les côtes s'élèvent toutes à la fois et non successivement, comme le voulait Haller, qui, admettant la fixité de la première côte, la faisait servir de point d'appui pour la contraction des intercostaux. Beau et Maissiat trouvent, avec raison, dans l'expérience qui vient d'être rapportée, un nouvel argument contre l'opinion de Haller.

On peut remarquer que, jusqu'à présent, le débat sur l'action des intercostaux a consisté à vouloir en faire, d'un côté, des inspirateurs ou des expirateurs, et, de l'autre, à n'accorder ce rôle qu'aux internes ou aux externes exclusivement. Il est encore une autre manière de voir qui, disons-le d'avance, ne concilie pas les deux premières, mais mérite d'être mentionnée : ceux qui la soutiennent prétendent que les intercostaux varient d'usage selon les différents points de la poitrine, ou même selon le point du trajet dans lequel s'étend le muscle lui-même. Hamberger (2) qui, comme nous le savons, regardait les intercostaux externes comme inspirateurs, ne reconnaissait les intercostaux internes comme expirateurs que dans la portion comprise entre les côtes, faisant de ces mêmes muscles des inspirateurs dans la portion intercartilagineuse. Marcacci (3), partageant tout à fait l'opinion de Hamberger, dit, sur ce dernier point, que l'élévation du cartilage était, dans ses observations, manifestement opérée par la contraction du muscle intercostal interne situé au-dessus du cartilage mis en mouvement, car dans cet acte les fibres devenaient plus courtes, froncées et dures. Nous ne pouvons nous empêcher de rappeler ici que nous avons établi, comme un fait démontré, que, dans l'inspiration, l'élévation des côtes et des cartilages s'accompagne de leur écartement, et que cet écartement a son plus grand développement dans l'espace intercartilagineux ; comment, répéterons-nous, concilier la contraction de l'intercostal interne à sa partie antérieure avec le moment du plus grand écartement de ses points d'attache? Toutefois nous citerons encore l'expérience suivante que Marcacci apporte à l'appui de son opinion. « Si, dit-il, on enlevait ce muscle (l'intercostal interne) d'un espace intercartilagineux, on mettait à découvert les fibres du triangulaire du sternum, lesquelles opéraient manifestement, en se contractant, l'abaissement du cartilage auquel allaient se fixer ces mêmes fibres. Dans cette occasion, on voyait un même cartilage alternativement élevé par la contraction de la partie antérieure de l'intercostal interne, et abaissé par celle du faisceau correspondant du triangulaire du sternum. »

Un fait cité par P. Bérard (4) tendrait à faire supposer que les intercostaux internes sont inspirateurs dans leur partie antérieure ou intercartilagineuse. Sur

(1) *Note sur l'action des muscles intercostaux* (*Gazette méd. de Paris*, 1843, p. 344).
(2) Haller, *De respiratione* (*Opuscula anatomica*, p. 50 et 92).
(3) *Mém. cit.*, §§ 14 et 15.
(4) *Ouvr. cit.*, t. III, p. 269.

un malade dont le muscle grand pectoral avait subi une dégénération atrophique (*atrophie progressive*), chaque fois que l'on portait l'excitateur électrique au niveau du premier espace intercostal, on voyait monter le second cartilage, et l'extrémité antérieure de la deuxième côte montait avec lui.

Si, d'après ces faits, on devait reconnaître que les intercostaux externes sont inspirateurs, et que les internes sont expirateurs entre les côtes et inspirateurs entre les cartilages, que penser de l'opinion singulière de Sibson (1), qui restreint aux cinq premiers espaces intercostaux l'action inspiratrice des muscles intercostaux internes à leur partie antérieure, et les regarde comme expirateurs dans toutes les autres parties de la poitrine? D'un autre côté, cet auteur avance, à l'égard des intercostaux externes, que ces muscles sont expirateurs vers leur partie antérieure dans les quatre espaces intercostaux inférieurs, et qu'il en est de même pour l'intercostal externe du septième espace. Sibson dit aussi que dans le huitième espace, et à sa partie moyenne, l'intercostal externe est expirateur. Pour ce physiologiste, partout ailleurs les intercostaux externes seraient inspirateurs.

Après ce long exposé, dans lequel nous n'avons dû faire entrer que ce qui pouvait jeter quelque jour sur la question, nous ne saurions encore, comme il est facile de le prévoir, nous former une opinion incontestable sur le rôle des muscles intercostaux dans l'acte de la respiration; car nous restons en présence de certains faits capitaux contradictoires, qui semblent également bien établis et absolument inconciliables. Toutefois nous n'hésiterons pas à dire que l'opinion de Beau et Maissiat est celle qui nous paraît reposer sur le plus grand nombre de preuves, et que les expériences sur lesquelles elle s'appuie nous semblent n'avoir rien perdu de leur valeur par les expériences des autres. Si donc on ne veut pas admettre, avec ces deux auteurs, que les muscles intercostaux internes et externes ont une action identique et simultanée, et que cette action s'exerce seulement dans ce qu'on appelle l'*expiration complexe*, faudra-t-il croire avec Hamberger, Marcacci, etc., que les intercostaux externes sont des muscles inspirateurs, et les internes des expirateurs entre les côtes et des inspirateurs entre les cartilages? Bien évidemment la science réclame de nouveaux faits pour donner de cette dernière opinion, comme de celle de Sibson, une démonstration exacte et rigoureuse. — Jusque-là nous maintiendrons nos préférences pour celle de Beau et Maissiat, et l'on découvrira facilement les raisons de notre choix dans la discussion à laquelle nous venons de nous livrer.

b. — Les muscles *surcostaux* sont constitués par de petits faisceaux musculaires qui, dans toute l'étendue de la colonne dorsale, s'insèrent par leur sommet à l'apophyse transverse de chaque vertèbre; leur base vient s'attacher au bord supérieur de la côte située immédiatement au-dessous, et remplit de ses fibres l'espace compris entre l'angle de la côte et son extrémité postérieure, espace qui devient plus grand à mesure qu'on va des côtes supérieures aux côtes inférieures. Souvent un certain nombre de ces muscles prennent leur attache inférieure sur la seconde côte au-dessous de leur insertion supérieure : ces faisceaux, nécessairement plus longs, ont été désignés par les anatomistes sous le nom de *longs* (*longiores*), et les autres, toujours plus nombreux, ont été appelés *courts* (*breviores*). La direction des fibres musculaires des surcostaux est assez semblable

(1) *Philos. Transact.*, 1846, p. 501.

à celle des fibres des intercostaux externes, c'est-à-dire oblique de haut en bas et de dedans en dehors; seulement l'obliquité dans les surcostaux est évidemment plus grande.

Considérant le mode d'insertion des muscles surcostaux, la plupart des auteurs n'ont pas hésité à les regarder comme *élévateurs des côtes*, et, par conséquent comme des *muscles inspirateurs;* quelques uns semblent surtout s'être rangés à cette opinion en raison de la grande analogie qu'ils apercevaient entre ces muscles et les intercostaux externes, dont ils faisaient des puissances inspiratrices. Mais l'expérience paraît ne pas confirmer ces vues fondées sur le raisonnement et l'analogie. Déjà Sénac (1) avait, depuis longtemps, dépouillé les surcostaux de toute intervention dans l'acte respiratoire ; il bornait leur action aux mouvements de flexion du rachis. Beau et Maissiat, dans une expérience déjà citée qui leur servit à démontrer l'action limitée des intercostaux, constatèrent que, l'incision qui divisait tout l'espace intercostal comprît-elle ou non le muscle surcostal correspondant, la côte inférieure n'en était pas moins portée en haut, et que le muscle surcostal lui-même ne présentait dans le mouvement inspiratoire aucun signe de contraction.

Ces deux expérimentateurs ont aussi fait observer que les muscles surcostaux sont en quelque sorte propres à l'espèce humaine ; car on ne rencontre à leur place chez les animaux même de grande taille, que quelques fibres qu'on distingue à peine de celles de l'intercostal externe, et qui diffèrent essentiellement de ces faisceaux bien circonscrits qui existent chez l'homme. On ne trouve jamais non plus, chez les animaux, les faisceaux *longs.* — Ces considérations portent Beau et Maissiat à regarder les surcostaux comme des muscles qui sont en rapport avec une fonction particulière à l'homme, c'est-à-dire, la station verticale, et ils leur assignent pour usage de servir aux mouvements de flexion et d'équilibration latérale de l'épine.

Ne pourrait-on pas ajouter que, si les surcostaux devaient seconder l'action inspiratrice, ils ne seraient sans doute pas situés dans un point où les mouvements des côtes sont le plus obscurs et le plus limités, et dans le point le moins favorable à l'écartement de ces leviers osseux? Et cette large base d'insertion au bord supérieur de la côte n'est-elle pas plutôt le point d'appui naturel pour la contraction du muscle que ce tendon étroit qui se fixe au sommet de l'apophyse transverse? — Enfin, dire que les surcostaux peuvent être des auxiliaires de l'inspiration, quand celle-ci est profonde, ce n'est qu'émettre une assertion vraisemblable, mais dénuée de preuves positives.

c. — Les muscles *sous-costaux* sont de petits faisceaux qui s'étendent d'une côte à l'autre, à la face interne et vers l'angle de ces os. Variables pour le nombre et la longueur, ils ont une direction analogue à celle des intercostaux internes et vont en augmentant de volume de haut en bas. Leur ressemblance avec les intercostaux internes les a fait considérer comme une dépendance de ces muscles et leur a fait attribuer les mêmes usages : en général, on s'accorde à les regarder comme *expirateurs.*

d. — Mieux désigné sous le nom de *sterno-costal* par Chaussier, le muscle *triangulaire du sternum* s'insère à la face postérieure de cet os, sur sa partie latérale et

(1) *Mémoires de l'Acad. des sciences de Paris*, 1724.

inférieure, par une aponévrose de laquelle se détachent, comme de la base d'un triangle, des languettes charnues qui vont s'attacher par des fibres aponévrotiques à la surface postérieure et aux bords des cartilages des deuxième, troisième, quatrième, cinquième et sixième côtes. Les fibres supérieures sont obliques de bas en haut et de dedans en dehors, et presque verticales dans les languettes qui vont aux deuxième et troisième côtes; les inférieures sont horizontales et parallèles aux fibres supérieures du muscle transverse avec lesquelles elles se confondent. Winslow avait déjà signalé cette disposition anatomique.

En se contractant et en prenant leur point d'appui sur le sternum, les languettes musculaires du triangulaire amènent les côtes à la rencontre du sternum, et ce mouvement coïncide manifestement avec l'expiration : ce muscle est essentiellement *expirateur*, et personne ne croit plus, avec Hamberger (1), qu'il puisse porter le sternum en avant. Riolan et Sténon, qui le regardaient comme inspirateur, n'ont pas fourni la démonstration de leur manière de voir.

Beau et Maissiat pensent que le triangulaire du sternum n'agit que dans l'*expiration complexe* et dans l'effort. Ils ont vu, comme Vésale, Willis et Haller, que ce muscle est très développé chez le chien; aussi ont-ils fait remarquer, pour rendre compte d'une pareille disposition, que cet animal, qui présente au plus haut degré le type de respiration costo-inférieure, offre à la fois un mouvement habituel du sternum et des côtes, ainsi que l'expiration complexe dans l'acte de l'aboiement qui se produit si fréquemment.

Nous avons signalé, plus haut, la continuité de fibres qui existe entre les muscles intercostaux et les obliques de l'abdomen, ainsi que les conséquences physiologiques qui en découlent : il en est de même ici entre le triangulaire du sternum et le transverse de l'abdomen, muscle qui concourt évidemment à l'expiration. Sibson (2) a observé que, chez le marsouin, ces deux muscles se confondent en un seul grand muscle expirateur qui s'insère jusqu'en haut à tout le bord interne de la première côte, et par conséquent étend sa puissance expiratrice sur la partie du poumon qui surmonte le thorax chez cet animal.

e. — On ne possède pas de données positives qui démontrent les véritables usages du petit muscle *sous-clavier*. Placé sous la clavicule, il s'attache, d'une part, à la partie externe de la face inférieure de cet os, et, de l'autre, à la face supérieure du cartilage de la première côte. Cette situation l'a fait regarder par plusieurs physiologistes comme une sorte d'intercostal costo-claviculaire; et ceux qui pensent que les intercostaux sont des muscles inspirateurs, ont, par analogie, admis que le sous-clavier était également *inspirateur*. D'après Beau et Maissiat, il abaisserait l'extrémité externe de la clavicule ainsi que l'épaule, et, quand la clavicule et l'épaule ont été élevées pour les besoins de l'inspiration, le sous-clavier, en les abaissant, agirait comme un véritable muscle *expirateur*.

f. —Épais et triangulaire, le muscle *grand pectoral* s'insère, par sa base, à la moitié interne du bord antérieur de la clavicule, à la partie moyenne de la face antérieure du sternum et aux cartilages des six premières côtes ; son sommet s'attache, par un tendon aplati, au bord antérieur de la coulisse bicipitale de l'humérus. Il suffit, en quelque sorte, de rappeler cette disposition anatomique pour faire voir que le grand pectoral est essentiellement adducteur du bras ; mais il a aussi un rôle indi-

(1) HALLER, *Elementa physiologiæ*, t. III, p. 45.
(2) *Mém. cit.*, p. 527.

rect dans l'acte de la respiration, et l'observation a appris qu'il agit à la fois dans l'inspiration et dans l'expiration.

L'action inspiratrice du grand pectoral n'a lieu que dans les cas de respiration laborieuse, comme dans les accès d'asthme ; elle est nulle dans la respiration ordinaire, ce qui peut-être avait porté Winslow à nier tout concours de ce muscle dans l'acte respiratoire. Mais l'action que nous avons en vue ne doit pas être rapportée à toute l'étendue du grand pectoral : on comprend que ses fibres, qui en se contractant peuvent élever les côtes, seront les seules à concourir à l'inspiration. Celles qui, s'insérant aux cartilages de la cinquième et de la sixième côte, constituent environ le quart inférieur du muscle, favorisent en effet par leur direction presque verticale le mouvement d'élévation des arcs costaux, et participent seules au mouvement inspiratoire.

Dans ses trois quarts supérieurs, le grand pectoral est *expirateur*. Mais son action n'est manifeste que dans l'expiration complexe, elle est surtout visible chez les individus affectés d'orthopnée ; on la met facilement en évidence en provoquant l'éternument. Il n'est pas besoin d'ajouter que cet effet est rapporté surtout à la contraction des fibres musculaires qui vont de l'humérus à la clavicule, au sternum et aux cartilages des premières côtes. Toutefois, Beau et Maissiat disent avoir remarqué que, dans l'expiration complexe ou forcée, la contraction n'est plus bornée aux trois quarts supérieurs du grand pectoral, mais qu'elle s'étend à ce muscle tout entier.

g. — Né, en dedans, des troisième, quatrième et cinquième côtes, le muscle *petit pectoral*, mince, aplati et triangulaire, va s'attacher en dehors et par son sommet à l'apophyse coracoïde. Il n'agit que dans le cas de dyspnée, et son action ne paraît avoir lieu que dans l'*inspiration*. Beau et Maissiat, à l'aide d'observations attentives, n'ont pu constater la contraction musculaire que dans les fibres qui s'insèrent sur la quatrième et la cinquième côte.

h. — C'est moins au raisonnement qu'à l'observation directe qu'il faut demander quel est, dans l'acte respiratoire, le rôle du muscle *grand dentelé*. Parti de la base de l'omoplate, il vient, en s'épanouissant, s'attacher par des digitations distinctes aux dix premières côtes.

Sur l'homme, dans le cas de paralysie de ce muscle, on a pu reconnaître que la respiration du côté paralysé ne différait pas sensiblement de celle du côté sain ; la contraction du grand dentelé semble avoir surtout pour but de maintenir l'omoplate fixe pour servir à la contraction du deltoïde dans le mouvement d'élévation du bras. Toutefois Haller avait déjà reconnu que, quand l'omoplate est élevé et que la respiration est très laborieuse, le muscle grand dentelé agit certainement dans l'inspiration. Beau et Maissiat ont senti manifestement se contracter ses digitations inférieures sur une femme asthmatique, au moment où toutes les puissances inspiratrices étaient en jeu, sollicitées par une dyspnée extraordinaire. Il est d'ailleurs facile de constater aussi, sur le chien, que le grand dentelé, inactif dans l'inspiration ordinaire, n'entre en contraction que quand on provoque chez cet animal un besoin extrême de respirer. D'après Sibson (1), qui a fait ses observations sur le chien et sur l'âne, les faisceaux antérieurs du grand dentelé seraient *expirateurs*, les faisceaux moyens *neutres*, et les faisceaux postérieurs *inspirateurs*.

(1) *Rec. cit.*, p. 520.

i. — Les expérimentateurs ne sont pas d'accord sur les usages du muscle *petit dentelé postérieur et supérieur*. Beau et Maissiat, l'ayant mis à découvert sur un chien, ne l'ont pas vu se contracter dans les mouvements respiratoires : ils n'ont constaté la contraction de ses fibres que lors de l'extension du col sur le thorax. La conclusion qu'ils ont tirée de leur expérience, et qu'ils ont appliquée à l'homme, c'est que le petit dentelé postérieur et supérieur agit dans les mouvements d'extension du col sur le thorax, mais qu'il ne joue aucun rôle dans ceux de la respiration. D'un autre côté, Sibson (1) dit l'avoir vu se contracter pendant l'inspiration, sur le chien et sur l'âne vivants. Pareille opinion n'était soutenue que faiblement par Haller, qui fondait ses doutes sur la disposition anatomique de ce muscle. On sait que le petit dentelé postérieur et supérieur s'insère au bas du ligament cervical postérieur, et aux apophyses épineuses des trois ou quatre dernières vertèbres cervicales et des deux premières dorsales : ces insertions ont lieu par une aponévrose qui constitue presque la moitié interne du muscle et donne naissance aux fibres charnues qui, descendant obliquement en dehors, s'attachent par des dentelures à la partie postérieure des deuxième, troisième, quatrième et parfois cinquième côtes. Or, ce fait des insertions charnues sur les côtes, en opposition avec les insertions aponévrotiques aux vertèbres, pouvait avec raison faire douter Haller que la contraction du muscle eût pour effet l'élévation des côtes : nous rappellerons d'ailleurs que nous avons aussi fait la même remarque à l'occasion des muscles surcostaux, dont il faut rapprocher, sans hésitation, le petit dentelé postérieur et supérieur pour ses analogies d'usage et de disposition anatomique.

k. — Quant au muscle *petit dentelé postérieur et inférieur*, il se fixe aux apophyses épineuses des deux dernières vertèbres dorsales et des trois premières lombaires ; ces insertions se font, comme pour le précédent, par une aponévrose également large et occupant sa moitié interne. A cette aponévrose succèdent les fibres charnues qui montent obliquement en dehors pour venir s'attacher au bord inférieur des quatre dernières côtes. Une semblable disposition conduit à penser que ce muscle, prenant son point d'appui sur le rachis, déprime les côtes et favorise le mouvement d'expiration. Cette opinion, qui est aussi celle de Haller, est appuyée de l'assertion de P. Bérard (2), qui dit avoir vu, chez l'homme, le petit dentelé postérieur et inférieur manifestement déprimer les côtes, quand on lui applique l'excitant électrique.

Ce muscle, appelé aussi *lombo-dorsal* chez les solipèdes, est plus étendu que chez l'homme : il envoie des digitations aux huit dernières paires de côtes. Sibson, qui en a étudié l'action, dit que les faisceaux qui s'attachent à la onzième paire sont expirateurs, ceux des quatre dernières paires de côtes étant inspirateurs. Il regarde aussi le petit dentelé inférieur, chez le lapin, comme servant à l'inspiration.

l. — Remarquable par son étendue et ses nombreux points d'attache aux vertèbres dorsales et lombaires, au sternum, à l'ilium, le muscle *grand dorsal* s'insère aussi aux dernières fausses côtes, et c'est par ces insertions costales qu'il paraît nécessairement devoir prêter quelque concours aux mouvements respiratoires. A ne considérer que la direction de ses faisceaux, qui montent presque verticalement se confondre avec les autres fibres dans la coulisse bicipitale, on pourrait croire à l'action inspiratrice du grand dorsal, comme déjà Haller l'avait assez

(1) *Loc. cit.*, p. 521.
(2) *Cours de physiologie*, t. III, p. 304. Paris, 1851.

formellement exprimé, à la condition que le bras soit fixé. Mais Beau et Maissiat assurent qu'on n'observe aucune contraction de ce muscle dans l'inspiration, pas même dans les dyspnées les plus laborieuses. Par contre, ils en font un muscle *expirateur*, en donnant pour preuve de leur opinion, que si l'on saisit à pleine main le bord postérieur de l'aisselle qui renferme le grand dorsal, on sent ce muscle se contracter toutes les fois qu'on fait une expiration complexe ou un effort. Sibson a répété la même observation sur un chien, dans un cas de dyspnée. Beau et Maissiat expliquent l'action expiratrice du muscle grand dorsal en faisant observer qu'il forme, à l'abdomen et au thorax, une paroi rigide qui s'oppose à l'expulsion excentrique des viscères, et que de plus, par la portion thoracique de ses fibres, il exerce une sorte de compression sur les côtes, qu'il refoule vers l'axe de la poitrine dont l'inspiration les avait écartées.

2° — Les muscles qui, à la *région du cou*, prètent leur concours à l'acte respiratoire, peuvent déjà, par leur situation seule, donner une idée de leur mode d'action. Par leurs attaches inférieures ils s'insèrent au sommet de la poitrine, qu'ils tendent à élever en prenant leur point fixe sur leurs attaches supérieures : ces muscles agissent donc dans l'*inspiration*. Nous allons rechercher dans quelle mesure ils aident à ce temps des mouvements respiratoires ; mais disons que l'action principale de plusieurs de ces mêmes muscles se rapporte aussi aux mouvements de la tête et des épaules.

a. — Le muscle *sterno-cléido-mastoïdien*, qui de l'apophyse mastoïde du temporal descend, en dedans, s'insérer par une double attache au sternum et à la partie interne de la clavicule, ne se contracte que dans l'*inspiration* laborieuse, et sa contraction est manifeste, notamment chez les individus qui présentent le type costo-supérieur : les femmes amaigries surtout se prètent bien à ce mode d'observation. Il est inutile d'ajouter que, quand ce muscle entre en action dans l'inspiration forcée, il se contracte de chaque côté simultanément.

Plus loin, en nous occupant de l'influence capitale que le système nerveux exerce sur les phénomènes mécaniques de la respiration, nous reviendrons sur le concours que les deux muscles sterno-cléido-mastoïdiens peuvent prêter à cette fonction.

b. — Il est facile de s'assurer que les muscles *scalènes* se contractent toutes les fois que, lors de l'inspiration, les deux premières côtes s'élèvent ; et, en effet, si l'on s'adresse à un individu dont le cou est amaigri, on arrive très bien à sentir du doigt leur contraction. Cette expérience démontre que les scalènes sont *inspirateurs*. On peut d'ailleurs, à cet égard, rappeler que ces muscles, au nombre de deux de chaque côté, et divisés en antérieur et postérieur, s'attachent aux apophyses transverses des six dernières vertèbres cervicales, et qu'ils descendent en avant s'insérer à la face supérieure des deux premières côtes. — A l'inverse de Magendie (1), qui n'admettait la contraction des scalènes que dans les inspirations forcées, et qui, voulant apprécier le degré de la dyspnée par l'intensité de la contraction musculaire, proposait d'appeler cette contraction *pouls respiratoire*, Beau et Maissiat affirment n'avoir pu constater l'action des scalènes dans aucun cas de respiration laborieuse, et l'avoir, au contraire, observée seulement chez des individus dont la

(1) *Ouvr. cit.*, t. II, p. 323.

respiration était parfaitement tranquille ; c'est d'ailleurs chez les sujets qui présentent le type costo-supérieur qu'il faut encore faire ces recherches. De plus, ces auteurs font observer, avec raison, que c'est bien plutôt à la contraction du muscle sterno-cléido-mastoïdien que conviendrait, si elle pouvait être adoptée, l'expression de pouls respiratoire, ce muscle n'entrant en action que dans les cas de dyspnée.

On sait que, chez le chien, le scalène est très développé, qu'il descend s'insérer aux troisième, quatrième, cinquième, sixième et septième côtes, et, par une aponévrose mince, jusqu'à la huitième et parfois la neuvième. On retrouve cette disposition, quoique un peu moins prononcée, chez le cochon, le mouton, le bœuf, etc. Beau et Maissiat n'ont vu se contracter les scalènes, chez le chien et le lapin, que dans les inspirations violentes ; ces muscles étaient nécessairement inactifs dans les respirations ordinaires, ces animaux présentant le type costo-inférieur. — Sibson (1), qui a étudié le scalène chez le marsouin, le représente comme un muscle très développé qui se porte de la base du crâne sur la première côte dans presque toute sa longueur, et qui complète, avec les muscles sterno-thyroïdien et sterno-hyoïdien, l'espèce d'entonnoir où vient se loger le *lobe cervical* du poumon. Sa contraction, en élevant la côte, favorise l'ampliation du thorax. Enfin il existerait assez souvent, suivant le même observateur, un faisceau musculaire qui, né de l'apophyse transverse de la septième cervicale, viendrait s'insérer par une expansion membraneuse à tout le pourtour de la première côte : Sibson a donné à ce muscle accessoire le nom de *scalène pleural*.

c. — Le muscle *trapèze*, par sa situation, appartient à la fois au cou et au dos, et son action respiratoire diffère selon qu'on l'envisage dans l'une ou l'autre de ces deux régions. — Au cou, ses attaches se font à l'occipital, au ligament cervical postérieur et à l'apophyse épineuse de la septième cervicale ; ses fibres musculaires forment un faisceau qui descend en avant s'insérer au bord postérieur de l'acromion et au tiers externe du bord postérieur de la clavicule. En se contractant, ce faisceau musculaire élève l'épaule et la clavicule ; c'est lui qui, dans les dyspnées violentes, concourt à faire élever les épaules pour aider à l'ampliation de la poitrine : il est donc un muscle *inspirateur*. — Dans sa portion dorsale, le trapèze est *expirateur :* si l'on observe l'action de ses fibres pendant la toux ou l'éternument, c'est-à-dire dans l'*expiration complexe*, on constate parfaitement, chez les individus amaigris, la contraction de la portion musculaire qui des apophyses épineuses des vertèbres dorsales va s'attacher à l'épine de l'omoplate.

Nous voyons ici un nouvel exemple de ce double emploi d'un même muscle à des usages opposés, comme nous l'avons déjà remarqué à l'occasion du grand pectoral : de même que ce dernier, le trapèze est à la fois *inspirateur* et *expirateur ;* mais c'est par des portions distinctes qu'il exerce l'un ou l'autre de ces rôles, et l'observation apprend que ce n'est que dans l'inspiration laborieuse et l'expiration complexe qu'il entre en action.

d. — On peut rattacher à l'étude du trapèze celle du muscle aplati, allongé qui, du sommet des apophyses transverses des quatre premières vertèbres cervicales, descend s'insérer à l'angle supérieur de l'omoplate et à la partie supérieure de son bord interne, et qu'on appelle *angulaire de l'omoplate*. Comme le tra-

(1) *Rec. cit.*, p. 534.

pèze, il peut quelquefois être vu et touché chez les individus amaigris, et sa contraction s'observe dans les cas de dyspnée : il contribue, en même temps que le trapèze, à l'élévation de l'épaule ; à ce titre, il est un muscle *inspirateur*.

e. — Il nous faut mentionner encore, parmi les muscles respirateurs du cou, les muscles *sus-hyoïdiens* (comme génio-hyoïdien, mylo-hyoïdien, ventre antérieur du digastrique), qui abaissent la mâchoire inférieure dans les grandes inspirations, dans le bâillement, etc. ; puis aussi les muscles *scapulo-hyoïdien*, *sterno-thyroïdien* et *sterno-hyoïdien*, qui concertent leurs contractions avec celles des muscles précédents, de manière à faire concorder la fixation de l'os hyoïde et l'abaissement du larynx avec l'abaissement de la mâchoire inférieure. C'est ce qui a lieu dans le bâillement, dans les inspirations difficiles, où en même temps on voit se soulever le thorax et les épaules. Pendant l'agonie, les mouvements alternatifs de va-et-vient ou d'élévation et d'abaissement du larynx nous ont surtout paru des plus manifestes.

3° — Les muscles qui, à la *région de l'abdomen*, concourent aux mouvements de la respiration, nous offrent, dans leur disposition générale, quelque analogie avec plusieurs de ceux que nous venons d'étudier : la plupart s'insèrent, comme ceux du cou, à l'une des extrémités du diamètre vertical de la poitrine, mais ils en diffèrent en ce que c'est à la partie inférieure du thorax qu'ils ont leurs attaches mobiles. Cette seule considération autorise déjà à supposer que les muscles respirateurs de l'abdomen ont une action opposée à celle de certains muscles du cou, et que cette action est par conséquent liée aux besoins de l'expiration. Les quelques détails que nous allons donner à cet égard en fourniront une démonstration suffisante.

a. — Parmi ces muscles, trois surtout, sinon exclusivement, sont reconnus par tous les physiologistes comme des muscles essentiellement expirateurs ; ce sont : l'*oblique externe*, l'*oblique interne* et le *transverse*. Ils s'attachent en bas à la crête iliaque et aux apophyses de la colonne lombaire ; en haut ils s'insèrent, l'oblique externe à la face externe et au bord inférieur des sept ou huit dernières côtes, l'oblique interne au bord inférieur des cartilages des quatre dernières côtes, le transverse aux six dernières côtes. Nous devons également rappeler ici une disposition que nous avons déjà signalée, c'est-à-dire la continuité de fibres musculaires qui, aux confins de chaque muscle, existe entre le triangulaire du sternum et le transverse, entre les intercostaux et les obliques. Ajoutons que ce fait anatomique a une importance qui ne saurait être méconnue : comment attribuer des fonctions différentes à des parties d'un système continu disposées dans une même direction ? On est porté à reconnaître ici l'identité d'usage dans tous ces muscles, et à conclure pour ceux dont le mode d'action a été contesté comme pour ceux dont nul ne conteste le rôle. — Le transverse et les obliques sont des muscles *expirateurs* : il suffit, de presser de la main la paroi abdominale pendant le cri, la toux, l'effort, pour sentir manifestement leur contraction. Remarquons d'ailleurs qu'on n'observe très nettement cette action musculaire que dans l'expiration complexe. Si maintenant, nous rappelant l'usage que nous avons cru devoir attribuer aux intercostaux et au triangulaire du sternum, nous le rapprochons de celui qui appartient incontestablement aux obliques et au transverse, nous voyons que tous ces muscles ne se contractent sensiblement que dans l'expiration com-

flexe ; et nous pensons que leur simultanéité d'action, la continuité et l'analogie de direction de leurs fibres, sont des preuves concluantes en faveur de leur identité d'usage. Disons encore que les trois muscles dont il s'agit servent, à l'abdomen, à opposer aux viscères intérieurs une paroi rigide, comme le font à la poitrine les intercostaux et le triangulaire du sternum.

L'action des muscles obliques et transverse, lors de l'*expiration*, consiste surtout à abaisser les côtes. Mais il faut ajouter qu'il y a, à cet égard, quelques différences selon le type respiratoire que l'on observe. Ainsi, chez les individus qui présentent la respiration abdominale, ces muscles refoulent les viscères et tendent les aponévroses de la ligne blanche ; tandis que, chez ceux qui offrent le type costo-inférieur, ils tirent les côtes en bas. Enfin ils agissent à la fois sur les côtes et sur la ligne blanche, pour les ramener à leur premier état, quand une grande inspiration, par exemple, a nécessité en même temps l'écartement de ces os et la distension de la paroi abdominale; ils sont alors véritablement antagonistes du diaphragme.

Chez les animaux qui respirent avec le type abdominal, comme le cheval, les muscles obliques et transverse, fortement repoussés en dehors par les viscères déplacés pendant l'inspiration, se contractent et réagissent contre cette distension ; les viscères, et avec eux le diaphragme, reprennent alors la place qu'ils avaient abandonnée.

b. — Haller ne doutait pas que le *droit abdominal*, et cette masse musculaire composée des sacro-lombaire, long dorsal, transversaire épineux, que Chaussier désigne par le nom collectif de *sacro-spinal*, ne dussent concourir à l'expiration, et beaucoup de physiologistes ont partagé cette manière de voir. La disposition de ces muscles, le lieu de leur insertion supérieure, permettaient de supposer que leur contraction peut en effet opérer l'abaissement des côtes. Ainsi le *droit abdominal* s'attache, en haut, aux cartilages des cinquième, sixième, septième côtes et souvent à l'appendice xiphoïde ; en arrière, le *sacro-spinal* s'attache à l'angle de toutes les côtes et au bord inférieur des huit dernières. Prenant leur point fixe à leurs attaches inférieures, c'est-à-dire au pubis, au sacrum, à la partie postérieure de la crête iliaque, aux apophyses des vertèbres, ces muscles agissent, pour la plupart, perpendiculairement aux leviers qu'ils doivent mouvoir, et l'on pouvait induire d'une disposition si favorable au mouvement d'abaissement des côtes, qu'ils étaient des agents de l'expiration. Mais l'expérience n'a point donné raison à ces vues dénuées d'ailleurs de preuves positives. Beau et Maissiat ont mis à nu, sur le chien, le droit abdominal, et, l'isolant avec soin, ils ne l'ont jamais vu se contracter pendant les cris poussés par l'animal ; la même épreuve sur le sacro-spinal leur a donné le même résultat négatif. Ils ont reconnu que ce dernier entrait vivement en action dans les mouvements d'extension du tronc, et que l'usage du droit abdominal était de fléchir le thorax sur le bassin. Quant à Sibson (1), il affirme au contraire avoir aperçu, sur l'âne, la contraction des muscles de la masse sacro-spinale durant l'expiration.

S'il est vrai que le droit abdominal soit un fléchisseur du thorax sur le bassin et le sacro-spinal un extenseur du tronc, et que ces muscles ne prennent aucune part aux mouvements d'expiration, il peut être bon de faire remarquer qu'ils ont aussi une disposition anatomique commune, celle d'être contenus, en avant et en

(1) *Rec. cit.*, p. 521.

arrière, dans une gaîne aponévrotique : cette disposition, sans doute en rapp avec leurs usages, les distingue des véritables expirateurs abdominaux qui vienne au contraire prendre de nombreux points d'attache sur cette même gaîne apon vrotique. Ici l'anatomie, aidant à éclairer la question physiologique, tendrait à co firmer l'opinion de ceux qui refusent au droit abdominal et au sacro-spinal to concours dans l'expiration.

c. — Il faudrait encore, d'après Beau et Maissiat, dépouiller le *carré des lomb* du rôle de muscle expirateur qu'on lui attribue assez généralement. Ces expé mentateurs disent avoir reconnu que le carré lombaire manque chez un certa nombre d'animaux, et que sa disposition anatomique, chez l'homme, identique av celle des surcostaux, avec lesquels il ne fait en quelque sorte qu'un même muscle (dans toute la longueur du rachis, doit le faire considérer, avec ces dernier comme servant à la flexion latérale de l'épine. Situé entre la crête iliaque et la de nière côte, enfermé dans une gaîne aponévrotique provenant des obliques et d transverse, le muscle *carré lombaire* a une certaine analogie de position avec droit abdominal. En l'absence de preuves expérimentales, nous pensons qu'o peut logiquement, et malgré l'autorité de Haller, conclure de ce rapprocheme et des considérations précédentes, que le carré lombaire n'a pas pour usage év dent d'abaisser la dernière côte et de contribuer ainsi à l'expiration.

d. — Le petit muscle *pyramidal* est tenseur de la ligne blanche abdominale à ce titre, il est regardé comme expirateur.

e. — Dans la cavité abdominale, se trouvent encore deux muscles qui entrent e contraction dans l'expiration complexe et l'effort : ce sont l'*ischio-coccygien* et *releveur de l'anus*. Formant à eux deux la paroi inférieure de l'abdomen, ils co stituent un plancher résistant qui reçoit l'impulsion des viscères comprimés pa les grands muscles abdominaux. Dans le même temps, les réservoirs contenus da la cavité du bassin sont maintenus fermés par la contraction de leurs sphincters cette action est manifeste pour le *sphincter du rectum*, elle l'est également pour *sphincter de la vessie*. Ces deux organes avaient en effet besoin d'être ainsi pro tégés contre la pression de l'effort expiratoire, qui, sans cette prévoyance, e nécessairement amené l'expulsion de l'urine et celle des matières fécales.

4° — Pour terminer l'étude des agents musculaires de la respiration, il no reste à parler du *diaphragme*, que sa configuration et sa situation particulière autant que son importance, distinguent de tous les muscles qui précèdent.

L'action du diaphragme, dans la respiration, n'a jamais été mise en doute, même il semble que, jusqu'à Galien, on faisait de ce muscle l'unique agent de mouvements respiratoires du thorax. En s'attachant à réfuter une pareille opinio Galien (2) signala d'autres puissances respiratrices, parmi lesquelles il rangea no tamment les muscles intercostaux internes.

Une large aponévrose, formée de fibres entrecroisées très résistantes, occupe partie moyenne du diaphragme ; elle constitue ce qu'on appelle le *centre phré nique*, d'où partent en rayonnant des fibres musculaires qui vont se rendre

(1) Bourgery, *Anatomie*, t. III, pl. 11.
(2) *Anat. administr.*, lib VIII, cap. II, apud Juntas, 1625.

la colonne vertébrale et au pourtour du thorax. Cette partie aponévrotique a la forme d'un trèfle fortement échancré en arrière, et dont les folioles inégales sont disposées, l'une en avant, et les deux autres de chaque côté. Elle est située au dessous de la base du péricarde, auquel elle adhère par d'étroites connexions fibreuses : ce rapport, il faut le remarquer, est limité à la foliole antérieure. Du reste, ces adhérences, qui assurent une certaine fixité au centre phrénique et au péricarde, ne sont pas telles que le cœur ne puisse être entraîné quelque peu, lors des contractions du diaphragme : c'est aussi le sentiment de Haller (1). Placées en dehors de la base du péricarde, les deux folioles latérales sont en quelque sorte plus libres et permettent des mouvements plus étendus que ceux de la foliole antérieure.

De l'échancrure postérieure descendent deux faisceaux (*jambes* ou *piliers du diaphragme*) qui se terminent par deux tendons confondus avec le ligament vertébral antérieur au niveau des seconde, troisième, et quatrième vertèbres lombaires. De la foliole antérieure et de son bord antérieur partent des fibres musculaires très courtes qui, décrivant une légère courbure à concavité inférieure, viennent s'adosser à la face interne du sternum, puis s'attacher à la base de l'appendice xiphoïde. Des bords de chaque foliole latérale, et des bords droit et gauche de la foliole antérieure naissent les fibres qui vont s'insérer aux cartilages des six dernières côtes par des languettes entrecroisées avec des digitations du muscle transverse. La direction de ces fibres doit être indiquée avec soin : dans leur trajet, elles ont une courbure très prononcée, mais cette courbure ne commence pas immédiatement après leur origine aux folioles; il y a d'abord une portion qui est presque horizontale, puis les fibres s'élèvent pour revenir bientôt après à la rencontre des côtes avec lesquelles elles se tiennent simplement en contact, au moins dans la moitié de leur trajet descendant. Du reste, les fibres musculaires, dans cette portion costale, glissent librement à la face interne des côtes et laissent un espace tapissé par un double feuillet pleural, espace où vient s'interposer le poumon dans certain temps de la respiration.

La forme voûtée du diaphragme est bien connue : d'une part, elle est due à la pression des viscères abdominaux qui refoulent ce muscle de bas en haut dans toute l'étendue de sa concavité; de l'autre, à la force élastique du poumon qui l'attire vers la poitrine. Les surfaces pulmonaire et diaphragmatique, dans les mouvements d'inspiration et d'expiration, ne cessent point, en effet, d'être contiguës l'une à l'autre, et le diaphragme suit le poumon qui, en remontant, tend à faire un vide dans la cavité des plèvres. Mais, si l'on ouvre la poitrine sur un animal dont les viscères abdominaux ont été écartés, on voit bientôt cesser le contact entre les plèvres, par suite de l'introduction de l'air; alors le poumon, en vertu de son élasticité, se retire seul, et le diaphragme reste abaissé. Aux deux précédentes causes qui déterminent la courbure du diaphragme, il faudrait ajouter, selon Beau et Maissiat, la connexion intime du péricarde avec la foliole antérieure du centre phrénique; toutefois ils ne lui accordent qu'une action secondaire, car ils disent que, si l'on éloigne la pression des viscères abdominaux et l'attraction pulmonaire, de manière que le diaphragme ne soit plus retenu que par le péricarde, ce muscle perd sa courbure, se sépare inférieurement des côtes, et devient flasque et flottant.

Le diaphragme est un muscle essentiellement *inspirateur*; sa contraction détermine divers mouvements qui ont pour effet l'ampliation de la cavité thoracique. —

(1) *Elementa physiologiæ*, t. III, p. 85.

L'augmentation du *diamètre vertical* de cette cavité en est le résultat le plus connu et le plus remarquable.

Lorsque, sur un animal vivant dont l'abdomen a été ouvert, on observe le diaphragme au moment de la contraction de ses fibres, on le voit s'abaisser dans toute son étendue, mais inégalement dans ses diverses parties. Ainsi, le mouvement d'abaissement est surtout marqué dans les portions musculaires qui se détachent des parties latérales et de l'échancrure du centre phrénique, c'est-à-dire sur les côtés et sur les piliers ; il est beaucoup moindre dans les fibres antérieures. Cette différence, on le comprend, tient à la différence de fixité entre les folioles. En observant avec plus d'attention, on reconnaît en même temps que les fibres latérales et postérieures ne participent guère au mouvement d'abaissement que dans leur portion horizontale, où il est d'ailleurs très prononcé ; leur portion costale reste en partie accolée aux côtes, elle ne descend en quelque sorte qu'autant que la portion phrénique ou horizontale l'entraîne en s'abaissant.

Pour expliquer cet abaissement, il ne suffit pas de dire que la courbe des fibres musculaires se redresse au moment de leur contraction ; il faut encore observer ce phénomène dans les différents faisceaux. Ainsi les fibres antérieures, en s'abaissant, entraînent la foliole antérieure ; celles qui portent le nom de *piliers* se contractent avec énergie et abaissent visiblement le centre phrénique qu'ils tiennent fixe, et favorisent la mobilité des folioles latérales. Quant aux fibres latérales, que Beau et Maissiat appellent faisceau *phréno-costal*, voici comment ces observateurs en décrivent l'action : « Quand elles se contractent, elles tendent à mouvoir leurs deux points d'insertion, chacune dans le sens propre qu'elle a au moment de sa terminaison. Comme le point d'insertion au centre phrénique est plus mobile que le point costal, il cède le premier à la contraction du faiscean phréno-costal, qui prend son point d'appui sur l'insertion costale ; il s'abaisse par conséquent, et avec lui s'abaisse la portion transversale du faisceau, qui augmente dès lors d'étendue aux dépens de la portion costale. Ainsi tout le faisceau phréno-costal se contracte : mais, comme l'insertion phrénique cède seule, la portion transversale se meut seule avec elle, aux dépens de la portion costale qui perd de sa longueur. Il résulte de là que la courbure de ces fibres persiste en descendant ; l'abaissement se fait aux dépens de la portion costale. »

Est-il maintenant besoin de réfuter cette assertion de quelques auteurs qui, avec Fontana (1), prétendaient que la contraction du diaphragme pouvait être portée au point de déterminer un redressement complet de la courbure de ses fibres, et même leur renversement du côté de l'abdomen? Haller aussi (2) dit avoir observé ce dernier effet dans le cas d'inspiration très violente. Loin de confirmer de tels résultats, la plupart des expérimentateurs modernes ont refusé d'y croire ; et nous-même n'avons jamais rencontré l'effacement complet de la concavité du diaphragme dans les efforts les plus énergiques, quand les contractions de ce muscle acquéraient la plus grande intensité. Nos expériences ont été faites sur des moutons, des chiens et des lapins.

Un autre effet de la contraction du diaphragme est l'élévation et l'écartement des côtes inférieures, de sorte qu'on peut dire qu'en même temps que la poitrine s'agrandit dans le sens de sa longueur, elle augmente aussi à sa base dans ses autres

(1) *Expériences sur les parties irritables et sensibles*, 1757.
(2) *Elementa physiologiæ*, t. III, p. 85.

diamètres. — Beau et Maissiat ont donné de ce fait une démonstration expérimentale : sur un chien dont on avait coupé les pectoraux, les dentelés, les scalènes et les intercostaux, ils constatèrent que les mouvements des six dernières côtes s'exécutaient avec autant d'amplitude qu'auparavant. L'agent de ces mouvements ne pouvait être que le diaphragme, seul muscle inspirateur restant, dont la contraction pût opérer l'élévation de la partie inférieure du thorax. Dans une autre expérience, servant en quelque sorte de contre-épreuve à la première, ils ajoutèrent la section du diaphragme à celle des muscles précédents, et ils virent les côtes inférieures ne plus exécuter aucun mouvement. La conclusion à tirer de ces faits, est que le diaphragme est bien l'agent du mouvement des côtes inférieures. Or, ce mouvement a lieu dans l'inspiration, et nous avons fait observer plus haut que, dans l'inspiration, les côtes subissent à la fois un mouvement d'*élévation* et un mouvement de *rotation* qui les porte en dehors. Ainsi, tout en déterminant l'agrandissement du diamètre vertical du thorax, le diaphragme détermine aussi l'agrandissement de ses diamètres antéro-postérieur et transverse, au niveau des six dernières côtes.

On peut encore, à ces expériences, ajouter un autre mode de démonstration. Si, comme l'ont indiqué Beau et Maissiat, on saisit sur le cadavre, avec de fortes pinces, la portion des fibres musculaires qui descend verticalement sur les côtes, et qu'on exerce sur ces fibres une traction dans la direction de leur premier contact sur la face interne de ces os, on verra les côtes inférieures et leurs cartilages se porter en dehors et en haut ; et cette contraction simulée amènera l'ampliation des diamètres de la base de la poitrine.

Duchenne (de Boulogne) (1), appliquant aux nerfs phréniques un courant électrique intense, vit, sur des animaux vivants ou récemment tués (chiens et chevaux), la contraction du diaphragme opérer manifestement l'élévation des côtes postérieures et leur projection en dehors.

Selon Colin (2), ce phénomène ne saurait être l'effet immédiat de la contraction du diaphragme : il tient, sur l'animal vivant, à deux causes, dont l'une est l'action simultanée des autres muscles inspirateurs, et l'autre la réaction des viscères abdominaux, qui, étant refoulés en arrière et en dehors, tendent à écarter les hypochondres et la partie inférieure des dernières côtes. — Les précédentes expériences de Beau et Maissiat paraissent suffisamment répondre à ces objections.

Si, comme on vient de le voir, il n'est guère permis de douter que le diaphragme ne détermine, en se contractant, l'élévation et l'écartement des côtes auxquelles il s'attache (fait reconnu par Galien, Vésale et d'autres physiologistes), il n'est pas facile d'en présenter une explication rigoureuse. Nous ne reproduirons pas ici celle que Beau et Maissiat ont cru devoir en donner ; nous dirons seulement que Magendie (3) pensait que les fibres musculaires, prenant un point d'appui sur les viscères abdominaux, soulèvent ainsi le thorax. Mais ce point d'appui peut manquer sans que le même effet cesse d'être produit : c'est ce dont il est facile de s'assurer quand, sur un chien dont on a ouvert le ventre et écarté les viscères, on voit le diaphragme porter les côtes en dehors et en haut. P. Bérard (4) fait remarquer que l'attache des fibres courbes au centre phrénique étant beaucoup plus élevée

(1) *Recherches électro-physiologiques*. Paris, 1853, p. 15.
(2) *Ouvr. cit.*, t. II, p. 133.
(3) *Précis élément. de physiol.*, t. II, p. 320. Paris, 1836.
(4) *Cours de physiol.*, t. III, p. 240.

que celle qui se fait au bord cartilagineux du thorax. Le raccourcissement de ces fibres, pendant leur contraction, opérera l'élévation des côtes inférieures, si le centre phrénique résiste plus que les côtes. — Nous avons dit tout à l'heure que le mouvement d'élévation des côtes s'accompagnait nécessairement d'un mouvement de projection en dehors, et il doit suffire d'avoir démontré l'existence du premier pour croire à l'existence du second.

Le diaphragme, placé en dedans des leviers qu'il doit mouvoir, semblerait devoir, en se contractant, les attirer à lui ; aussi lui a-t-on prêté l'action de tirer les côtes en dedans, et de resserrer par conséquent la base de la poitrine. Haller pensait qu'il ne produisait point ce résultat, parce que son action était en même temps contrebalancée par celle des autres muscles inspirateurs qui entrent en contraction au même moment. Il faut dire qu'on n'observe ce phénomène qu'exceptionnellement, et il n'y a guère que les enfants qui le présentent, seulement dans les premières années. Le mouvement de retrait, selon Beau et Maissiat, est presque nul sur la côte, mais très marqué sur le cartilage ; il est visible aussi sur l'appendice xiphoïde. Il est l'effet d'une condition anatomique que l'on rencontre dans l'enfance, l'extrême mollesse des cartilages. Il en résulte que ceux-ci, n'étant pas assez rigides pour transmettre aux côtes et au sternum la traction des fibres musculaires, sont attirés en dedans et en haut, et les côtes et le sternum restent immobiles, n'ayant pas reçu le mouvement communiqué. Cet effet est surtout visible lorsque l'inspiration est exagérée, et l'on peut le reproduire sur le cadavre avec le même succès, en procédant de la manière indiquée plus haut pour simuler, chez l'adulte, l'élévation des côtes; on le reconnaît à l'enfoncement des cartilages inférieurs que l'on observe chez les très jeunes enfants. Le même enfoncement, ou sillon, que l'on remarque aussi chez les adultes dans l'espace intercostal des côtes inférieures lors des grandes inspirations, est dû à une cause analogue : ici le cartilage résiste et communique le mouvement à la côte, mais l'aponévrose intercartilagineuse cède à la traction du diaphragme et se laisse tirer en dedans avec les autres parties molles qui lui sont superposées.

En parlant du mouvement des côtes, nous avons signalé, avec Beau et Maissiat, la saillie de la partie thoracique située entre la sixième et la onzième côte, surtout en avant, au niveau des cartilages, elle s'explique par l'action élévatrice du diaphragme qui s'exerce directement sur ces côtes. Le relief de la septième et la largeur plus grande de l'espace qui sépare cette côte de la sixième tiennent sans doute au tiraillement exercé entre ces deux arcs osseux.

Il résulte de cet exposé que le diaphragme agit dans l'*inspiration*, et que, quand il se contracte, d'une part il augmente le diamètre vertical du thorax, de l'autre il élargit la base de la poitrine en imprimant aux côtes inférieures un mouvement en dehors et en haut. — Maintenant nous pouvons mieux expliquer ce qu'on entend par types respiratoires *abdominal* et *costo-inférieur*. Dans le type abdominal, le diaphragme, prenant son point d'appui sur les côtes, abaisse le centre phrénique sur lequel descend en même temps le poumon ; les viscères abdominaux, déprimés, viennent soulever la paroi du ventre, surtout au niveau de la ligne blanche, et l'on constate que les côtes ne se meuvent pas : la respiration abdominale, propre aux petits enfants, est favorisée par la grande mobilité des insertions phréniques dans les premières années de la vie. Chez les individus qui respirent d'après le type costo-inférieur, le diaphragme déprime d'abord un peu le centre phrénique et les

viscères abdominaux; mais bientôt les côtes ne peuvent plus, en raison de leur mobilité, lui servir de point fixe, et c'est en s'appuyant à la fois sur le poumon et les viscères qu'il détermine l'élévation et l'écartement de la base du thorax. Aussi le ventre est-il ici moins soulevé que dans le type abdominal, et même il est quelquefois aplati, les viscères se trouvant moins refoulés vers l'abdomen, et pouvant en quelque sorte se loger dans les hypochondres agrandis par l'effet du mouvement d'inspiration.

Tel est l'ensemble des *puissances musculaires* dont l'action préside aux mouvements de la cavité thoracique dans l'accomplissement de la respiration. On a vu que, sur quelques points de leur histoire, la science n'est pas fixée, et que, par conséquent, il est encore besoin d'une certaine réserve, si l'on veut présenter un *résumé* des faits qui précèdent.

L'*inspiration* a pour agents moteurs : — le diaphragme, — les scalènes, — le sterno-cléido-mastoïdien, — l'angulaire de l'omoplate, — le petit pectoral, — le grand dentelé, — le trapèze dans ses fibres supérieures, — et le grand pectoral dans ses fibres inférieures. — Tous ces muscles, en se contractant, opèrent directement la dilatation de la poitrine, à l'exception de l'angulaire et du trapèze, dont l'action est indirecte. Le diaphragme est par excellence le muscle de l'inspiration; les autres ne se contractent sensiblement que pour les besoins de l'inspiration laborieuse ou forcée. Les scalènes, qui n'agissent guère que chez la femme, aident notablement à l'inspiration dans le type costo-supérieur qui lui est propre.

L'*expiration*, quand elle s'effectue avec le concours des puissances musculaires, a pour agents : — les intercostaux internes et externes, — les sous-costaux, — le triangulaire du sternum, — le grand pectoral dans ses fibres supérieures, — le grand dorsal, — le trapèze dans ses fibres inférieures, — les deux obliques et le transverse de l'abdomen, — le pyramidal, — enfin les sphincters anal et vésical et les muscles releveur de l'anus et ischio-coccygien, qui, tous quatre, ne sont que des expirateurs *indirects*. — C'est dans l'expiration *complexe*, telles que le cri, la toux, le chant, l'expectoration, l'éternument, etc., que tous les précédents muscles entrent en contraction.

Au contraire, l'expiration ordinaire peut s'opérer par le simple retrait élastique des parties qui entrent dans la composition des parois thoraciques et abdominales. Nous allons voir le poumon lui-même y concourir par sa propre élasticité.

Si nous ne citons pas, parmi les puissances musculaires de la respiration, les muscles petit dentelé supérieur et postérieur, sacro-spinal, droit antérieur de l'abdomen, carré lombaire, sus-costaux, petit dentelé inférieur et postérieur, sous-clavier, c'est que leur action doit être considérée comme nulle ou douteuse ; au moins manque-t-on en effet de preuves positives sur la part qu'ils peuvent avoir dans les mouvements de la respiration.

Terminons en faisant remarquer que, si les muscles *expirateurs* sont plus nombreux et plus puissants que les *inspirateurs*, c'est que les premiers ont surtout pour but l'*expiration complexe*, c'est-à-dire des actes violents, l'expiration ordinaire pouvant, nous le répétons, s'effectuer par la simple élasticité des parties. De plus, il faut noter que les muscles expirateurs, par leur situation étendue au thorax, et particulièrement à l'abdomen, ont aussi, indépendamment d'autres

usages, pour rôle, de concourir à former une paroi rigide aux viscères refoulé dans les efforts de l'expiration.

VII. — Si nous nous occupons maintenant du *rôle mécanique du poumon* dan l'accomplissement de la fonction respiratoire, nous allons pouvoir constater encor divers résultats dignes d'intérêt.

Et d'abord, pour nous rendre compte de ce rôle, représentons-nous le poumo comme une grande vessie dont l'extérieur est partout contigu à la face interne d la cavité thoracique. Or, pendant l'*inspiration*, quand le soulèvement des côtes e du sternum et l'abaissement du diaphragme contracté déterminent l'augmentatio de capacité du thorax, comme le sac pulmonaire se dilate forcément lui-même e suivant les parois thoraciques avec lesquelles il fait corps, forcément aussi il y a raré faction de l'air que ce sac contenait déjà, et il devient nécessaire que l'équilibr de pression entre le fluide intérieur et le fluide extérieur s'établisse : de là, l'intro duction obligée d'une certaine quantité d'air ambiant, qui, s'engageant à traver des orifices plus ou moins dilatés, pénètre dans les poumons. Ces derniers organes pendant l'inspiration, sont donc tout à fait passifs ; c'est l'agrandissement de la poi trine qui détermine l'arrivée de l'air dans leur intérieur. Puis, par suite du relâ chement des muscles inspirateurs, de l'élasticité des cartilages costaux et parfoi aussi de l'action surajoutée des muscles expirateurs, bientôt les côtes et le ster num retombent ; le diaphragme, cessant sa contraction, est refoulé vers le thorax qui reprend son volume primitif. Alors, dans ce mouvement de retrait ou d'*expi ration*, le poumon, qui était dilaté, revient aussi sur lui-même, de manière laisser sortir une quantité d'air à peu près correspondante à celle qui était entré d'abord. C'est principalement cet organe qui, en exerçant, à l'aide de son élas ticité, une sorte d'aspiration sur le diaphagme, le fait remonter dans la cavit thoracique et le rétablit de la sorte dans la position qui lui est nécessaire pour agi lors d'une inspiration nouvelle.

Ajoutons qu'au moment de l'inspiration ou de l'ampliation de la poitrine, s'ac complit un mouvement de glissement entre la plèvre qui revêt le poumon et l plèvre qui tapisse l'intérieur de la cavité thoracique ; ce mouvement, proportionn à l'étendue de l'inspiration, est favorisé par l'humidité et par l'état libre des sur faces. — Suivant J. Cloquet (1), les plèvres costale et pulmonaire glissent l'une su l'autre, dans l'étendue de 13 à 16 centimètres, vers la base des poumons, pen dant les grands mouvements respiratoires, et les rapports des plèvres pulmonair et diaphragmatique ne varient pas moins dans les mêmes circonstances. Or, d'un part, la courbe du diaphragme, dans l'état d'expiration, s'applique immédiate ment dans une assez grande étendue à la face interne de la paroi costale, tandi que, d'autre part, dans l'inspiration, le diaphragme s'abaissant se sépare de hau en bas de la paroi costale pour faire place au poumon dilaté. D'après la judicieus remarque de J. Cloquet, il résulte de là qu'un instrument piquant, comm une lame d'épée, qui pénètre dans un espace intercostal inférieur, lors de l'*expi ration*, peut, après avoir traversé les plèvres costale et diaphragmatique, pénétre dans l'abdomen sans léser le poumon, qui, au contraire, aurait été atteint vers s

(1) *De l'influence des efforts sur les organes renfermés dans la cavité thoracique*, mémoire suivi d'observations sur l'emphysème en général, sur les hernies du poumon, etc. In-8, Paris, 1819. — Voir la *Notice analytique des travaux de* J. Cloquet, p. 2. Paris, 1854.

base, dans le cas où l'instrument aurait suivi la même voie pendant l'*inspiration*. « La précédente remarque, ajoute J. Cloquet, ne doit pas non plus échapper au chirurgien, quand il s'agit de pratiquer l'opération de l'empyème. »

Les poumons concourent *mécaniquement* à la respiration par leur *élasticité* et par leur *contractilité*.

a.—L'*élasticité* du poumon est une propriété physique facile à mettre en évidence à l'aide d'expériences bien simples. Après avoir extrait les poumons du corps d'un animal, on les dilate en les insufflant, et, aussitôt l'insufflation achevée, on les voit revenir rapidement sur eux-mêmes, à la manière d'une vessie de caoutchouc ; ou bien encore, il suffit d'ouvrir les deux côtés de la poitrine d'un animal vivant ou récemment mort, pour permettre à ces organes d'obéir librement à leur élasticité, et pour les voir, en se réduisant de volume, se détacher des parois thoraciques. Dans ce dernier cas, le vide des plèvres n'existant plus, les poumons ne sauraient plus être maintenus contre ces parois ; alors, en effet, les pressions atmosphériques qui s'exercent sur les surfaces intérieure et extérieure du poumon se détruisent, et rien ne gêne plus l'élasticité pulmonaire : le poumon, quoique dans l'état d'expiration, pourra donc se resserrer encore, attendu que, même dans cet état, son élasticité n'avait pas été complétement satisfaite tant que les parois thoraciques étaient demeurées intactes (*).

Dès lors, il est facile de comprendre pourquoi la mort arrive nécessairement quand on ouvre à un mammifère, par exemple, les deux côtés de la poitrine en même temps, de manière à laisser pénétrer l'air dans la cavité pleurale. Les poumons, qui cessent aussitôt d'être appliqués contre les parois thoraciques, ne sauraient plus, pendant l'inspiration, suivre les mouvements d'ampliation de la poitrine, ni par conséquent, une fois affaissés sur eux-mêmes, attirer de nouveau l'air dans leur cavité. — Tous les chiens ou lapins auxquels nous avons pratiqué aux deux côtés du thorax une ouverture assez large pour permettre à l'air atmosphérique d'entrer librement, ont en effet succombé dans l'intervalle de trois à cinq minutes. Nous avons vu aussi la mort survenir même chez ceux de ces animaux à qui un seul côté de la poitrine avait été ouvert ; seulement elle a été beaucoup moins rapide que dans le premier cas, puisque parfois des chiens ne sont morts que le deuxième jour de l'opération. S'il y a eu quelques dissidences à ce sujet entre les expérimentateurs, évidemment cela a dû tenir à ce que parfois on a négligé de maintenir l'ouverture béante ou de la faire suffisamment large (**). On sait, il est vrai, qu'il n'est pas rare de voir l'homme, en particulier, vivre avec un seul poumon, l'autre ayant été *peu à peu* refoulé contre la colonne vertébrale par un épanchement considérable ; mais les conditions ne sont pas les mêmes dans

(*) On doit à CARSON (*Philos. Transact.*, 1820, p. 29, pl. 4) des expériences faites dans les précédentes conditions pour mesurer la *force elastique des poumons* : chez le veau, le mouton et le chien de haute taille, cette force contre-balancerait le poids d'une colonne d'eau d'un pied à dix-huit pouces de hauteur ; tandis que, chez les chats et les lapins, elle ferait équilibre à une colonne d'eau de six à dix pouces (mesures anglaises).

Des recherches analogues sont dues à DONDERS (*Zeitschr. für ration. Med.*, 2ᵉ série, t. III, p. 287), qui, de plus, s'est appliqué à distinguer les effets dépendants de la *tonicité* des poumons de ceux que produit l'*élasticité* de ces organes.

(**) Tantôt une portion du poumon lui-même s'engage dans la solution de continuité et l'oblitère ; tantôt les bords de la plaie se tuméfient et produisent le même effet ; d'autres fois l'ouverture est trop petite, relativement à la glotte, pour empêcher entièrement le poumon de recevoir de l'air ; ou bien l'animal, en se couchant sur le côté lésé, bouche la plaie, etc.

les deux cas dont il s'agit : dans nos expériences, l'animal est privé *brusquement* d
l'action de l'un de ses poumons ; au contraire, chez l'homme malade, cette actic
se supprime graduellement, de manière à habituer le poumon sain à supplé
l'autre dans l'hématose. La mort qui survient dans un cas, la vie qui peut persist
dans l'autre, ne sauraient donc absolument surprendre l'observateur attentif (*).

Nul doute, d'ailleurs, comme nous le disions plus haut, que l'élasticité d
poumons, qui réside surtout dans la membrane fibreuse des tuyaux aériens, n
concoure, pour sa part, à l'expulsion de l'air qui a servi à la respiration : quan
le thorax, lors de l'expiration, s'affaisse et se rétrécit par suite du relâchement d
muscles inspirateurs et sous l'influence d'autres puissances musculaires et d
divers agents doués d'élasticité, le poumon lui-même suit en effet le mouvement d
rétraction que lui impriment ses fibres élastiques, et de la sorte se vide, en parti
de l'air qu'il contient.

b. — Mais les conduits dans lesquels l'air circule ne sont pas seulement pourvu
de tissu élastique ; comme l'examen microscopique et l'expérimentation le démon
trent, ces conduits ont encore des *fibres* charnues et *contractiles*. Aussi le pou
mon, que nous avons vu, pendant l'inspiration, être tout à fait passif, peut-il con
courir *activement* à l'expiration (notamment à certains actes expiratoires com
plexes, comme l'expectoration, la toux, etc.), et la paralysie des précédentes fibre
amène-t-elle des accidents qui méritent d'être signalés.

Sur un chien qu'on vient de tuer en lui coupant la moelle épinière, après avoi
extrait les poumons de la poitrine et adapté à la trachée un tube manométriqu
rempli d'un liquide coloré qui pèse à l'intérieur des bronches, excite-t-on ce
organes à l'aide d'un courant électrique, en appliquant l'un des pôles sur le pou
mon et l'autre sur la partie métallique du tube, on voit bientôt le liquide s'éleve
d'environ 5 centimètres dans ce même tube, dont la partie supérieure est de verr
et graduée. Ce résultat est évidemment dû à la contraction active des bronches
puisque, avant le passage du courant, l'élasticité des poumons était déjà satis
faite (1). — Un autre mode d'expérimentation m'a servi autrefois (2) à constate
que, d'une part, les bronches ont un pouvoir de resserrement dérivant de la con
traction musculaire, et que, d'autre part, ce pouvoir est mis en jeu par les nerf
pneumogastriques : en faisant passer, avec les précautions voulues, un couran
électrique à peu près transversal dans l'épaisseur de plusieurs rameaux de ce
nerfs, chez de grands animaux, tels que le cheval et le bœuf, j'ai observé, à l'aid
de la loupe, des contractions manifestes jusque dans des ramuscules bronchique
d'un calibre assez petit.

De ces faits faudra-t-il conclure que des *fibres musculaires* existent jusqu
dans les dernières ramifications des bronches, ainsi que dans l'épaiseur des parois
utriculaires du poumon ? Kölliker (3) assure qu'on distingue des fibres muscu-
laires lisses sur des ramuscules bronchiques de $\frac{1}{6}$ de millimètre, et il regarde

(*) Il est presque inutile de rappeler ici, à propos des épanchements pleurétiques eux-mêmes, que celui qui s'est fait rapidement peut occasionner une asphyxie prochaine que ne détermine point un épanchement plus considérable, mais plus lent à se former.

(1) CH. WILLIAMS, *Report of Experim. on the Physiol. of the Lungs and Air Tubes* (*Reports of the Meeting of the Brit. Associat. for the Advanc. of Science*, Glascow, 1840, p. 411).

(2) LONGET, *Recherches expérimentales sur la nature des mouvements intrinsèques du poumon, etc.*, dans *Comptes rendus de l'Acad. des sc. de Paris*, 1842, t. XV, p. 500, et dans son *Traité d'anat. et de physiol. du syst. nerv.* Paris, 1842, t. II, p. 239.

(3) *Éléments d'histologie humaine*, trad. franç. Paris, 1856, p. 516.

comme probable qu'elles s'étendent jusqu'aux lobules pulmonaires, quoique, avec la plupart des micrographes, il les refuse aux vésicules elles-mêmes. C'est en ayant recours à certaines réactions chimiques que J. Moleschott (1) a été amené à admettre, dans la portion terminale du système aérifère, la présence de fibres musculaires mêlées à des fibres de tissu élastique. Traitées par l'acide azotique, puis par l'ammoniaque, les fibres musculaires lisses prennent une belle couleur jaune qui est due à la formation d'un xanthoprotéate d'ammoniaque ; cette réaction manque avec le tissu élastique. Or, elle se montre dans les aréoles pulmonaires : d'où la conclusion formulée par J. Moleschott. — Dans un Mémoire publié en 1842, et dans lequel se trouve signalé, pour la première fois, l'*emphysème pulmonaire* comme effet de la résection des nerfs vagues (2), j'avais déjà appelé l'attention sur un pareil résultat comme favorable à cette opinion que, si les fibres élastiques peuvent jouer le principal rôle dans la constitution du système aérifère, les fibres musculaires n'y font pourtant pas complétement défaut.

En effet, comment s'expliquer, en pareil cas, le développement de l'emphysème du poumon et toutes ses graves conséquences, si ce n'est par la paralysie de fibres contractiles propres à cet organe? — Selon nous, l'*expiration*, quoique puissamment aidée par l'affaissement du thorax, aurait été impropre à chasser l'air et les mucosités des dernières divisions des bronches, si, à l'élasticité de ces conduits, qui ne peut les ramener qu'à leur diamètre naturel, n'eût été adjointe l'action d'un tissu musculaire et contractile qui, les resserrant au-dessous de ce diamètre, concourt à les vider plus complétement. Un pareil concours était peut-être d'autant plus indispensable, que l'air qui persiste dans les parties les plus profondes du parenchyme pulmonaire, étant chargé d'acide carbonique, est plus dense et plus difficile à expulser. Or, j'ai déjà démontré, par une expérience directe, que la contraction des fibres musculaires des bronches est soumise à l'influence de la huitième paire : si l'on divise cette paire nerveuse, les fibres précédentes, qui forment comme des muscles respirateurs internes, sont donc dépossédées de leur activité propre ; d'où il résulte que de l'air va séjourner dans les divisions bronchiques, dont d'ailleurs la seule élasticité, quoique persistante, ne saurait évidemment suffire à son expulsion. Dès lors, ne se débarrassant plus de cet air qui augmente de plus en plus, en même temps qu'il se dilate, les aréoles pulmonaires finissent par se laisser distendre outre mesure et quelques-unes même par se rompre. Puis, le sang, qui parcourt le réseau capillaire du poumon, au lieu d'être en contact médiat avec un air incessamment renouvelé et capable de lui fournir le principe de sa révivification, finit lui-même, au bout d'un certain temps, par n'être plus guère en rapport qu'avec de l'acide carbonique (l'*eau de chaux nous en a dénoté la présence*); et l'animal, comme s'il était plongé dans une atmosphère chargée de ce dernier gaz, doit bientôt cesser de vivre, parfois même avant que le trouble circulatoire du poumon vienne engouer ou oblitérer les aréoles de cet organe.

Ainsi, dans notre opinion, les fibres contractiles du poumon ne dussent-elles pas réagir à chaque expiration ordinaire, faute d'une action rhythmique qu'on pourrait leur contester, qu'elles ne nous en paraîtraient pas moins nécessaires à

(1) *De Malpighianis pulmonum vesiculis dissert. anat. physiol.* Heidelberg, 1845.

(2) Longet, extrait de ce mémoire dans *Comptes rendus de l'Acad. des sc. de Paris*, 1842, t. XV, p. 500.

l'expulsion des mucosités bronchiques, au renouvellement de l'air, partant à la perméabilité du poumon et à l'entretien régulier de la fonction respiratoire.

VIII. — L'air, qu'il entre dans les voies respiratoires ou qu'il en sorte, peut donner lieu à différents bruits qui varient suivant leur siége, leur nature, leur intensité. Bien que peu prononcés et difficiles à entendre à distance dans les conditions normales, ils sont si constants, qu'un seul mot, le *souffle*, sert, dans le langage vulgaire, à désigner l'acte de la respiration et le son qui l'accompagne.

Lorsque l'homme respire d'une manière normale, la masse d'air qui pénètre dans les narines ou dans la bouche, ne rencontrant aucun obstacle, ne produit aucune vibration que l'oreille puisse percevoir habituellement; mais, pour peu que les conditions viennent à changer, que la quantité d'air introduite passe plus rapide qu'à l'ordinaire, que les voies que cet air traverse soient moins dilatées ou moins extensibles que dans les circonstances régulières, immédiatement un son sera produit avec plus ou moins d'intensité. Ainsi, tandis que dans le jour, dans l'état de veille, la respiration se fait le plus souvent sans bruit, soit que l'air pénètre par le nez, soit qu'il entre par la bouche; au contraire, la nuit, pendant le sommeil, les inspirations étant plus profondes, la quantité d'air mise en circulation par chaque mouvement respiratoire étant plus considérable, et néanmoins les voies parcourues restant les mêmes, il se produit un bruit doux, régulier, qui est le *bruit de la respiration* : ce qui contribue surtout à la production de ce son pendant le sommeil, c'est qu'alors l'air passe presque toujours exclusivement par les fosses nasales, dont la section, bien que proportionnée à la quantité d'air qui doit les parcourir, présente pourtant une série de parties élastiques, vibrantes, contre lesquelles la masse d'air se rompt et contre lesquelles aussi elle exerce un frottement plus ou moins prononcé.

L'espèce de souffle dont il s'agit est composé de deux bruits différents : l'un, plus intense, qui a lieu pendant l'inspiration, et l'autre, plus prolongé, plus doux, moins sonore, qui s'entend lors de l'expiration. Tous deux, d'ailleurs, ont quelque chose de moelleux, de régulier et de calme.

Si l'on recherche où et comment ce son se produit, on reconnaît immédiatement qu'il résulte du frottement exercé par l'air à l'ouverture des narines. En effet, quand on substitue à la respiration nasale la respiration buccale, le bruit disparaît, à moins toutefois que les lèvres ne présentent qu'un orifice insuffisant pour le passage de l'air. Quand la bouche est largement ouverte, aucun bruit ne résulte de la respiration : si les lèvres se rapprochent, le souffle peut être entendu, et devient d'autant plus intense, que les lèvres rétrécissent davantage l'ouverture qui donne passage à l'air. Ainsi s'explique pourquoi, instinctivement, l'homme respire la bouche largement ouverte, lorsqu'il veut éviter que le bruit de sa respiration révèle sa présence; il ne peut complétement suspendre sa respiration, mais il en peut supprimer le bruit.

Toutefois il peut arriver que la respiration devienne sonore et bruyante dans d'autres points que les orifices nasal et buccal; mais le bruit résulte toujours d'une même cause, c'est-à-dire d'un frottement exercé par la masse d'air mise en mouvement contre les parties qu'elle rencontre. Ainsi, quand la muqueuse des fosses nasales, gonflée par une cause pathologique, diminue l'espace laissé libre

au passage de l'air, quand ces cavités sont trop étroites par suite d'un vice de conformation, ou rétrécies par la présence de quelque tumeur, le souffle devient plus ou moins bruyant, et présente presque toujours un timbre particulier qui indique, jusqu'à un certain point, l'intensité de l'obstacle au passage de l'air.

De même, si la proportion normale entre la quantité d'air en circulation et les voies que ce fluide traverse se trouve altérée par le passage d'une masse d'air trop considérable, ou ce qui revient au même, à marche trop rapide, un bruit se produira encore ; la respiration deviendra sonore, comme dans l'essoufflement.

Enfin, si des sécrétions muqueuses rétrécissent ainsi la voie que l'air parcourt dans les fosses nasales, il surviendra encore un bruit particulier, composé du frottement de la colonne d'air et du déplacement des mucosités.

Mais ce n'est pas seulement aux orifices externes des voies respiratoires, ou bien dans les fosses nasales, que l'air rencontre des parties dont les vibrations produisent des bruits faciles à entendre à distance. Avant d'arriver à la glotte, la colonne d'air, en frappant le voile du palais, peut faire vibrer cette partie membraneuse, et donner lieu à un son qui retentit dans les cavités postérieures des fosses nasales : c'est le *ronflement*.

Dans les conditions normales de la respiration, lorsque l'air passe des fosses nasales dans la trachée, le voile du palais s'abaisse, s'applique contre la base de la langue, et sa face postérieure seule est légèrement caressée par la colonne d'air. Quand la respiration s'exécute par la bouche, le voile du palais se relève et sa face antérieure se trouve seule en contact avec l'air ; dans ce cas, d'ailleurs, pendant l'état de veille, la masse d'air est peu considérable relativement à la large ouverture de la bouche. Mais, pendant le sommeil, si l'on respire la bouche ouverte, l'air s'introduit à la fois par les fosses nasales et par la cavité buccale, il arrive avec une rapidité proportionnée à l'intensité de la respiration, trouve le voile du palais à moitié abaissé, pour laisser passer la colonne qui vient du nez, à demi relevé pour livrer passage à celle qui pénètre par la bouche, et ainsi pressé, ce voile membraneux vibre et communique ses vibrations à la masse d'air qui est en partie refoulée dans les cavités nasales.

On peut à volonté produire ou imiter le ronflement ; mais, pour cela, deux conditions sont nécessaires, d'abord que l'on respire par la bouche, puis que le voile du palais ne soit pas complétement relevé. Alors, dans les grandes inspirations, on peut voir, en effet, cette partie membraneuse exécuter les mouvements vibratoires desquels résulte le son caractéristique. Évidemment ce n'est pas la vibration du voile du palais seul qui donne naissance au ronflement, mais c'est en même temps la colonne d'air que ce mouvement alternatif de va-et-vient pousse, refoule dans les cavités nasales.

Indépendamment d'ailleurs de la preuve qu'on peut acquérir, *de visu*, de la part que prend la vibration du voile du palais au ronflement, on peut reconnaître à la nature du bruit la coopération d'une membrane en quelque sorte flottante. Le ronflement ne consiste pas, en effet, en un bruit égal, continu, mais en plusieurs bruits successifs qui représentent un roucoulement, ou plutôt une série de clapotements.

Le ronflement peut avoir lieu pendant l'expiration comme pendant l'inspiration ; mais il est plus fréquent dans celle-ci que dans l'expiration, lorsqu'on ne

l'entend que dans un temps de la respiration. Il arrive fréquemment qu'il se produise dans les deux temps.

Les circonstances qui favorisent le *ronflement* peuvent se déduire du mécanisme qui y préside. Il se fera entendre quand, par une cause quelconque, la respiration s'exécutant par la bouche, la volonté n'intervient pas pour fixer le voile du palais dans la position qu'il doit occuper pendant ce mode de respiration, ou encore quand de fortes inspirations sont faites, et qu'une grande quantité d'air pénètre dans le pharynx à la fois par les fosses nasales et par la cavité buccale. Ces circonstances se rencontrent chez les personnes qui dorment la bouche ouverte, chez celles dont l'hématose est difficile, quel que soit d'ailleurs l'obstacle que rencontre cet acte indispensable à la vie.

Le ronflement s'accompagne souvent d'une sorte de gargouillement produit par le déplacement de mucosités dans le pharynx ou dans les fosses nasales. Il est probable même que la présence de mucosités, agitées par l'air, suffit pour faire entendre une sorte de ronflement, quand la respiration s'exécute par les fosses nasales, la bouche restant close : on comprend que, dans ce cas, le voile du palais peut ne prendre aucune part au son produit, qui diffère par sa nature de celui qui constitue le ronflement véritable dont nous avons indiqué le mode de formation.

En continuant à suivre la marche de l'air dans les voies respiratoires, nous allons constater de nouveaux bruits qui diffèrent des précédents, surtout en ce qu'il devient impossible, dans les conditions normales, de les entendre à distance. Pour les percevoir, il faut que l'oreille, seule ou munie d'un instrument particulier, le *stéthoscope*, soit appliquée aussi près que possible de l'endroit où ils se produisent.

Lorsque l'air passe par la glotte et parcourt le long tuyau cartilagineux et membraneux que représente la trachée, il franchit d'abord un orifice relativement étroit, acquiert par conséquent une certaine rapidité, fait entrer en vibration le tube trachéen, et produit ainsi un son qui a reçu le nom de *souffle trachéal*.

Le timbre de ce son est bien différent de celui qu'on observe à l'orifice externe des voies respiratoires : il présente toujours une certaine rudesse qui contraste avec le moelleux du souffle respiratoire perçu à distance. Mais cette rudesse est moins prononcée le long de la trachée-artère qu'au niveau du larynx, où elle offre un caractère caverneux.

Le souffle trachéal, qui varie d'intensité selon les sujets et suivant la rapidité ou l'intensité de la respiration, se compose de deux sons différents, suivant l'expiration ou l'inspiration.

Il peut arriver que des modifications soient apportées au timbre, à la nature, à l'intensité du souffle trachéal ; mais elles résultent de causes pathologiques, et se lient soit à un rétrécissement de la trachée par suite de l'inflammation de la membrane muqueuse, soit à la présence de mucosités par excès de sécrétion, ou bien encore à l'existence de fausses membranes qu'on peut entendre flotter dans le tube trachéal. Toutes ces modifications, fort importantes en pathologie, ne sauraient être examinées ici.

Pour entendre le souffle trachéal, il est nécessaire de s'aider du stéthoscope, avons-nous dit ; mais il est des circonstances dans lesquelles on peut percevoir à distance le bruit que fait l'air en passant dans le larynx. C'est là encore un phéno-

mène pathologique, qu'il nous suffira d'indiquer et dont la production se lie toujours à un obstacle quelconque au passage de l'air.

Enfin, lorsque des mucosités obstruant la trachée sont agitées par la respiration, elles produisent un bruit *humide*, facile à entendre à distance, qui a reçu le nom de *râle trachéal*.

L'étude de ces divers bruits intéresse au plus haut point le pathologiste, mais n'a pas la même importance en physiologie. Il est hors de doute que, dans tous les temps, les médecins ont connu quelques-uns des bruits qui accompagnent la respiration. Mais à Laënnec appartient la gloire d'avoir inventé l'auscultation, et d'avoir porté immédiatement ce nouveau mode d'exploration de la poitrine à un degré de perfection qu'il était presque impossible de dépasser. Sans entrer dans aucun détail pathologique étranger à notre sujet, nous allons indiquer maintenant quels bruits se produisent dans la poitrine, et rechercher d'où ils proviennent.

A chaque mouvement d'inspiration ou d'expiration, l'oreille, appliquée sur la poitrine d'un homme sain, entend un bruit doux, léger, fin, semblable à celui du souffle d'un enfant endormi : c'est le bruit respiratoire qui a reçu le nom de *murmure vésiculaire*. Plus ou moins intense suivant les sujets, il est plus appréciable, en général, au niveau des premières divisions des bronches que dans les autres points de la poitrine ; il est aussi plus fort sur les sujets maigres que sur les individus gras dont les parois thoraciques, épaisses forment un écran mauvais conducteur du son.

Le murmure vésiculaire se compose de deux bruits qui diffèrent pour l'inspiration et pour l'expiration. Le premier est à la fois plus fort et plus long que le second ; c'est un symptôme important d'une maladie grave, quand ce rapport normal entre les deux temps du murmure vésiculaire n'existe plus.

Le *mécanisme* suivant lequel ce bruit se produit, trouve son explication dans les lignes qui précèdent. Partout l'air détermine par son passage des bruits qui varient suivant la forme et la nature des parties qu'il traverse ; il doit donc paraître naturel qu'en pénétrant dans les poumons et en dilatant leurs vésicules, ou qu'en sortant de ces organes, l'air donne naissance à un son en rapport d'intensité et de nature avec la structure pulmonaire. Aussi Laënnec attribuait-il le murmure vésiculaire au passage de l'air dans les poumons. Cette explication, presque généralement admise, n'aurait pas eu besoin d'être démontrée vraie, si elle n'avait donné lieu à quelques controverses qui ne sont pas encore terminées.

En 1834, Beau (1) prétendit que le précédent bruit respiratoire est produit « par le retentissement, dans toute la colonne d'air inspiré et expiré, du bruit résultant du refoulement de cette colonne d'air contre le voile du palais ou les parties voisines. » En 1839, Spittal (2) plaça à l'ouverture de la glotte le point d'origine du bruit qui serait une des causes du murmure vésiculaire. En 1840, Beau (3), adoptant cette opinion pour ce qui concerne la production du son, fit de ce son ainsi produit la cause unique du murmure vésiculaire.

Mais il est facile de constater que le timbre des sons (bruit glottique et murmure vésiculaire) n'est pas le même ; que ces sons ne présentent pas les mêmes rapports de durée et d'intensité pour l'inspiration et l'expiration, qu'ils n'ont entre eux

(1) *Arch. gén. de méd.*, août 1834, p. 570.
(2) *Edinburgh Med. and Surg. Journ.*, t. XLI, p. 99.
(3) *Arch. gén. de méd.*, juin 1840.

aucune analogie de force et de nature : le bruit produit à la glotte peut, en effet être très intense, sifflant, aigu, sans que le murmure vésiculaire présente aucun modification de l'état normal.

Si le murmure vésiculaire n'était qu'une diminution du souffle glottique, on pourrait, en éloignant le stéthoscope de l'endroit où ce souffle se produit, san rapprocher l'oreille des organes pulmonaires, entendre le murmure vésiculaire or, aussi longtemps qu'on peut entendre le bruit produit à la glotte, il conserv ses caractères propres.

Dans les cas où l'air arrive dans la poitrine sans passer par la glotte, comm lorsqu'on a pratiqué la trachéotomie, le murmure vésiculaire persiste. Chez le individus maigres qui respirent lentement, en prenant le soin de ne produir aucun bruit à la glotte, on peut encore percevoir le bruit normal produit dans l poitrine. On a prétendu que, chez les grands herbivores, dont la glotte est trè éloignée de la poitrine, il n'existait pas de murmure vésiculaire : c'est une erreur Il est très facile d'entendre ce murmure en appliquant l'oreille sur les parois thora ciques du cheval, par exemple, même lorsqu'il est au repos et que la respiratio s'exécute dans des conditions parfaitement normales.

La colonne d'air, a-t-on dit, en passant de la trachée dans les bronches, pass en réalité dans un tube plus large que celui qu'elle quitte ; elle doit donc diminue de vitesse, et ce ralentissement empêcherait toute production du son. Sans doute la section de toutes les divisions bronchiques est plus considérable que celle de l trachée ; mais on sait que l'air ne pénètre pas en même temps dans toutes le parties du poumon, que ce fluide doit d'ailleurs se dilater par l'élévation de sa tem pérature, qu'enfin il rencontre à chaque division des bronches un éperon saillan contre lequel il se heurte.

La structure des divisions bronchiques est analogue à celle de la trachée formées de tissus fibreux, élastique et contractile, ces divisions constituent de tuyaux vibratiles dont les vibrations produisent le murmure vésiculaire. Il aurai dû être superflu de le démontrer, tant cette vérité est évidente.

Sans doute les bruits qui se produisent dans les différents points de l'arbr aérien peuvent retentir dans les poumons, mais ils s'y font entendre avec leur caractères particuliers, et ne sauraient être confondus avec le *murmure vésiculaire*.

IX. — Nous avons souvent eu occasion de faire remarquer combien, dans l'organisme, se multiplient les moyens qui doivent assurer l'accomplissement d'un fonction importante à la vie ; cette remarque s'applique surtout à la respiration. L nombre considérable de parties qui contribuent aux mouvements respiratoire suffirait pour démontrer toute l'importance qu'il y avait à empêcher qu'une lésio locale ne pût entraver trop facilement le libre exercice de la respiration.

Mais comme, dans le nombre des parties qui servent à mouvoir la poitrine, i en est qui sont destinées aussi à exécuter d'autres mouvements, il en résulte qu'indirectement la respiration doit prendre une part plus ou moins grande à ces diver mouvements. De même aussi, comme les nerfs qui concourent à la respiration n lui sont pas toujours réservés exclusivement, il pourra arriver qu'ils traduisent par leur influence sur cette fonction, les modifications qu'ils auront éprouvées à propos d'autres actes, soit que leur sensibilité mise en jeu détermine des mouve-

ments réflexes, soit que leur action motrice excitée détermine des mouvements directs.

Enfin, comme respirer, c'est vivre, les modes de respirer indiquent, pour ainsi dire, les modes de la vie, et nous allons voir se dérouler, dans une série de modifications de l'acte respiratoire, beaucoup des sensations et des émotions que l'homme éprouve dans le cours de son existence. —Sa naissance se manifeste par *un cri*, qui semble l'expression d'une première douleur; sa mort se traduit par un *soupir* où s'exhale sa dernière souffrance. Dans le nombre de ses jours, il en est bien peu de consacrés au *rire*, il en est plus pour les *sanglots :* le *bâillement* exprime souvent ses ennuis, l'*effort* la rigueur de son travail. L'*éternument*, la *toux*, l'*expectoration* sont autant de moyens que la nature emploie pour lutter contre des sensations gênantes ou douloureuses, et qui tous résultent de modifications de la respiration. Le *hoquet* même, bien qu'étranger par son origine aux organes respiratoires, ne se manifeste qu'avec leur concours.

Nous verrons que la *voix* ou la parole, attribut suprême de l'humanité, n'est qu'un mode particulier de la respiration. Nous savons déjà que la *succion*, cette première forme de préhension des aliments, se lie aux mouvements respiratoires; que la locomotion rapide produit l'*anhélation*, et qu'aussi certains sons particuliers traduisent la part que prend le larynx à l'exécution de diverses et importantes fonctions.

Ainsi il serait possible de suivre, dans presque tous les actes de la vie, les rôles variés qu'y prend la respiration. C'est qu'en effet, si nous pouvons, pour l'étude, isoler les fonctions les unes des autres, dans la vie il n'en est pas de même. La vie est une et indivisible; la respiration, qui en est l'expression, participe nécessairement à tous les actes qui en marquent le cours.

Pour éviter d'inutiles répétitions, nous ne redirons pas ici comment la respiration est modifiée dans le vomissement, la défécation, la miction, la succion, la déglutition, la rumination, le coït, l'accouchement, etc. (*) ; nous allons passer rapidement en revue seulement les modifications principales qui n'ont pas pu être étudiées à propos d'autres fonctions. — Nous mentionnerons successivement le *soupir*, le *bâillement*, le *hoquet*, la *toux*, l'*expectoration*, l'*éternument*, le *moucher*, le *sanglot* et le *rire*.

Une grande inspiration, lentement exécutée et suivie d'une expiration rapide et sonore, constitue le *soupir*. Dans les conditions normales de la respiration, on sait que, sur cinq ou six inspirations environ, il en est une plus longue que les autres; c'est là, en réalité, un léger soupir. On suppose que cette inspiration plus longue survient toutes les fois que l'hématose a besoin d'être accélérée; elle s'exécute à notre insu ou du moins sans la participation de la volonté. De même le soupir satisfait à un besoin dont le plus souvent nous n'avons pas conscience. Sans doute nous pouvons, à volonté, faire de profondes inspirations; mais, presque toujours, quand le besoin de soupirer se fait sentir à l'économie, nous ne le percevons pas. C'est là, en effet, un de ces *mouvements* dits *réflexes* dans lesquels le centre nerveux réagit spontanément contre l'impression profonde qui l'affecte directement. Une gêne existe à l'hématose, ou bien une quantité trop grande de sang noir s'est accumulée dans les cavités droites du cœur, et alors un point des centres ner-

(*) Quant à l'*effort*, son étude détaillée se trouve dans le chapitre consacré aux MOUVEMENTS.

veux en éprouve une impression pénible qui détermine aussitôt une longue inspiration, un long soupir.

L'influence fâcheuse des émotions tristes sur l'hématose explique comment c'est surtout pendant la durée de ces émotions que se produisent les soupirs. Mais on comprend que le soupir, loin d'être seulement l'expression de la tristesse, est au con-traire un effort que fait la nature pour échapper aux influences de sensations dépressives.

Le *bâillement* diffère du soupir plus par son mécanisme que par ses causes ou ses effets. Cet acte est réputé avoir lieu, de même que le soupir, quand l'économie éprouve le besoin d'accélérer l'hématose par l'introduction d'une grande quantité d'air; comme le soupir aussi, il est généralement suivi d'un sentiment de bien-être qui prouve que ce besoin a été satisfait. Mais, tandis que le soupir peut être volontaire, le bâillement est toujours involontaire. Il est facile de simuler le bâillement; mais en vain ouvrira-t-on largement la bouche pour expirer une grande quantité d'air, en vain fera-t-on successivement deux ou trois inspirations profondes suivies de rapides expirations, en vain abaissera-t-on excessivement la mâchoire inférieure, on n'aura pas bâillé si le besoin n'en existait pas. Ce qui constitue essentiellement le bâillement, ce n'est donc pas l'un ou l'autre des phénomènes que nous venons d'indiquer, mais bien la sensation qui le provoque et le spasme qui l'accompagne. Produit aussi par une *action réflexe* du système nerveux central, il est indépendant de la volonté, et, s'il est possible de dissimuler quelques-unes de ses manifestations, il est presque impossible de l'étouffer complétement lorsque le besoin s'en fait sentir.

Le bâillement n'indique pas seulement une modification de l'hématose : il exprime aussi des sensations douloureuses de l'estomac, la faim ou l'excès de réplétion de cet organe, et il se manifeste souvent quand l'économie en général éprouve une sensation de torpeur, à l'approche du sommeil par exemple. Comme tous les phénomènes nerveux, le bâillement se produit souvent aussi par imitation.

Le *hoquet* ne peut être rapproché des actes accessoires de la respiration que par le bruit qui l'accompagne. C'est une contraction spasmodique, brusque et involontaire du diaphragme, avec contraction coïncidente de la glotte. L'air, appelé rapidement dans la poitrine par cette convulsion du diaphragme, se brise sur les lèvres tendues de la glotte, où il produit le bruit caractéristique du hoquet.

Les sensations anormales provoquées dans l'estomac par l'introduction trop rapide de substances alimentaires, par les boissons alcooliques ou chargées d'acide carbonique, par certains aliments, sont les causes ordinaires du hoquet. Mais, comme les autres phénomènes réflexes que nous venons d'examiner, il peut résulter aussi d'un état spécial des centres nerveux : c'est ainsi sans doute que le hoquet survient sous l'influence d'émotions morales ou de causes pathologiques.

La *toux* et l'*éternument*, l'*expectoration* et le *moucher*, sont des actes assez analogues par leur mécanisme, par leurs causes et par leurs effets, pour qu'on puisse les signaler simultanément.

Quand une sensation anormale se développe sur la muqueuse des fosses nasales, soit qu'elle résulte de l'introduction d'un corps étranger, soit qu'elle ait été provoquée par une sécrétion irritante, l'organisme réagit : une violente expiration s'exécute, l'air brusquement chassé par les narines sort rapidement avec un bruit carac-

téristique, en entraînant les mucosités qu'il rencontre sur son passage et qu'il expulse : c'est l'*éternument*.

De même, quand une sensation anormale prend naissance sur la muqueuse du larynx, de la trachée ou des bronches, quelle qu'en soit la cause, l'organisme réagit, une violente expiration s'exécute l'air brusquement chassé par la bouche sort rapidement avec un bruit caractéristique, en entraînant les mucosités qu'il rencontre sur son passage et qu'il expulse : c'est la *toux*. L'éternument est tout à fait indépendant de la volonté; la toux peut être volontaire, mais elle est le plus souvent aussi produite par une action réflexe à laquelle il peut être impossible de résister.

Dans l'action de *se moucher*, comme dans celle d'*expectorer*, on accumule par une forte inspiration une grande quantité d'air, que l'on expulse rapidement par un orifice rétréci. De la sorte on détermine un courant plus énergique qui chasse avec force les corps placés sur son passage, soit par le nez, soit par la bouche.

« Le *rire* et le *sanglot* ont cela de commun, dit Bichat (1), qu'ils ont en même temps leur siége à la poitrine et à la face ; ils portent même à la poitrine leur influence spéciale sur le même muscle, le diaphragme. Mais ils diffèrent à la face en ce que l'un à son siége particulier dans la région de l'œil, l'autre dans celle de la bouche ; en ce que l'un y met spécialement en jeu l'action glandulaire et l'autre l'action musculaire. »

Quel singulier rapprochement opéré par la nature entre des actes aussi éloignés en apparence, et quelle économie dans les moyens de les accomplir ! Les mêmes muscles, les mêmes nerfs produisent les sanglots et les rires.

Les uns et les autres consistent, en des contractions spasmodiques, involontaires du diaphragme, dans des mouvements alternatifs assez rapprochés d'inspiration et d'expiration, avec un bruit particulier qui, bien que caractéristique dans la plupart des cas, est quelquefois le même dans le sanglot et dans le rire.

L'aspect de la physionomie établit donc la principale différence visible entre ces deux manifestations de sentiments opposés. L'aspect que présente le visage, dans le rire ou dans les sanglots, est trop connu pour avoir besoin d'être décrit. Le mode suivant lequel apparaissent les sanglots ou le rire est le même. Tandis que, dans les phénomènes précédemment décrits, nous avons vu le plus souvent les centres nerveux n'intervenir que sous l'influence d'une excitation physique, locale, ici nous remarquons l'inverse : les phénomènes mécaniques n'ont lieu que sous l'influence d'une modification cérébrale survenue à la suite d'une émotion triste ou gaie.

En quoi consiste cette impression morale ? où siége-t-elle ? comment agit-elle sur les organes de la respiration ? Ce sont des questions qu'il est superflu de poser, car elles ne peuvent obtenir de réponse.

Il est pourtant une différence importante à noter entre les sanglots et le rire, relativement à leur mécanisme : c'est que, dans quelques cas, le rire, au lieu de procéder, comme nous venons de le dire, des centres nerveux, peut être provoqué par des excitations mécaniques à la peau, par le *chatouillement*, ou encore par l'absorption de certaines substances introduites dans l'estomac ou dans les pou-

(1) *Traité d'anat. descript.*, t. II, p. 132.

mons. Mais, si les manifestations sont les mêmes, ce n'est pourtant pas là le rire, ce n'en est, pour ainsi dire, que la grimace; il manque précisément ce qui constitue l'essence du rire, l'émotion morale.

Enfin les sanglots et le rire, mais ce dernier surtout, se communiquent aussi par imitation, comme la plupart des phénomènes nerveux.

Les sanglots expriment toujours la tristesse, qui est la douleur de l'âme ; le rire exprime plutôt une satisfaction de l'esprit qu'une joie de l'âme. Il y a plus de douleur dans les sanglots que de joie dans le rire, et pourtant le sanglot est déjà une réaction contre la douleur. Les grandes douleurs et les grandes joies sont muettes.

INFLUENCE DU SYSTÈME NERVEUX SUR LA RESPIRATION.

L'examen des rapports de la respiration avec les centres nerveux et avec différents nerfs encéphaliques et spinaux constitue un sujet d'étude aussi plein d'intérêt pour le physiologiste que fécond en utiles applications pour le médecin.

I. — Et d'abord, prouvons qu'il existe, dans le centre cérébro-spinal, une partie qui tient sous sa dépendance immédiate tout le mécanisme respiratoire, et dont la destruction arrête aussitôt le jeu d'un mécanisme si complexe.

Galien avait parfaitement reconnu ce fait aussi curieux qu'important, qu'il se trouve au commencement de la moelle épinière une partie dont la lésion anéanti sur-le-champ la respiration et la vie chez les animaux : « Atqui perspicuum est, dit-il (1), quod, si post primam aut secundam vertebram, aut in ipso spinalis medullæ principio sectionem ducas, repente animal corrumpitur » (διαφθείρεται παραχρῆμα τὸ ζῶον).

Lorry, ignorant sans doute l'expérience de Galien, annonce le même résultat en ces termes (2) : « Coupant la moelle de l'épine transversalement en plusieurs endroits, je produisais successivement différents degrés de paralysie. Quand je fus parvenu au cou, je fus fort étonné de voir qu'en plongeant un stylet ou la pointe d'un scalpel sous l'occiput, j'excitais des convulsions, et que, *entre la deuxième et la troisième vertèbre*, loin de produire la même chose, l'animal mourait presque sur-le-champ, et que le pouls et la *respiration* cessaient absolument.... »

Cependant ni Galien ni Lorry n'avaient rigoureusement déterminé cette portion de l'axe cérébro-spinal dont la lésion tue les animaux à l'instant même.

De nos jours, Legallois a mis plus de précision dans ses recherches. « Ce n'est pas du cerveau tout entier, dit cet observateur (3), que dépend la respiration, mais bien d'un endroit assez circonscrit de la *moelle allongée*, lequel est situé à une petite distance du trou occipital et *vers l'origine des nerfs de la huitième paire* ou pneumogastriques. Car, si l'on ouvre le crâne d'un jeune lapin, et que l'on fasse l'extraction du cerveau par portions successives, d'avant en arrière, en le coupant par tranches, on peut enlever de cette manière tout le cerveau proprement dit, e

(1) *De anatom. administ.*, lib. VIII, cap. IX, p. 696 et 697, édit. de Kühn. Leipzig, 1821.
(2) *Acad. des sciences de Paris* (*Mémoires des savants étrangers*, t. III, p. 366 et 367).
(3) *Œuvres complètes*, t. I, p. 64. Paris, 1830, avec des notes de Pariset.

ensuite tout le cervelet et une partie de la moelle allongée. Mais la respiration cesse *subitement* lorsqu'on arrive à comprendre dans une tranche l'origine des nerfs de la huitième paire. »

Aussi, après avoir été témoin des expériences de Legallois, Percy, dans son rapport à l'Institut (1), n'hésite-t-il pas non plus à affirmer que « le *premier mobile* (2), le *principe de tous les mouvements respiratoires* a son siége vers cet » endroit de la moelle allongée (*bulbe rachidien*) qui donne naissance aux nerfs » de la huitième paire (3). »

Or, ces mouvements multiples de la respiration s'accomplissent soit à la tête (dans les narines, la bouche et le voile du palais), soit au cou (à l'extérieur et à l'intérieur du larynx), soit enfin au tronc (dans les épaules, les parois du thorax et de l'abdomen). C'est donc le jeu de ce mécanisme, dans son ensemble, qu'on peut voir s'arrêter soudain par suite de la lésion précédente.

Il est d'ailleurs à peine besoin de faire observer ici que le bulbe rachidien n'est pas le premier mobile de la respiration, seulement parce qu'il donne origine aux nerfs pneumogastriques; ou, en d'autres termes, que la mort subite due à la lésion du bulbe ne résulte pas uniquement de la suppression d'influence de ces nerfs. Ne sait-on point, en effet, qu'après la résection des pneumogastriques, chez les animaux *adultes*, la respiration, quoique gênée et laborieuse, peut continuer pendant un temps encore assez long? Si l'hypothèse précédente était admissible, la mort, au lieu de survenir, dans ce dernier cas, du second au cinquième jour, devrait frapper les animaux à l'instant même, comme quand le bulbe lui-même est lésé.

Après Legallois, Flourens (4) a cherché à fixer d'une manière plus précise encore le véritable siége, dans le bulbe rachidien, de l'organe qu'il nomme *premier moteur* du mécanisme respiratoire, *point central* du système nerveux, etc. Ce physiologiste, récapitulant les résultats obtenus sur six lapins, s'énonce ainsi (5) :

« J'ai dit plus haut que ce *point* commence avec l'origine de la huitième paire et s'étend *un peu au-dessous*. Pour en déterminer les limites avec plus de précision, je mis à nu, sur les lapins que je venais d'opérer, toute la partie supérieure de la moelle épinière cervicale et toute la moelle allongée. Je comparai soigneusement alors les diverses sections faites sur ces parties, et voici ce que je trouvai :

» La première section, ou la section pratiquée sur le premier lapin, l'avait été immédiatement *au-dessous et en arrière* de l'origine de la huitième paire ; la seconde section se trouvait *une ligne et demie* à peu près au-dessous de cette origine ; la troisième, environ *trois lignes*, et la quatrième, *trois lignes et demie* plus au-dessous encore. La cinquième section enfin avait eu lieu immédiatement au-dessus de l'origine de la huitième paire, et la sixième près d'*une ligne* au-dessus de cette origine.

» Or les mouvements respiratoires de la tête avaient reparu dès la troisième section, et ceux du tronc dès la cinquième. La limite du *point central* et *premier moteur* du système nerveux se trouve donc immédiatement au-dessus de l'origine de la huitième paire ; et sa limite inférieure, trois lignes à peu près au-dessous de

(1) Séance du 9 septembre 1811.
(2) *Ouvr. cit.* de LEGALLOIS, t. I, p. 247.
(3) *Ouvr. cit.*, t. I, p. 259.
(4) *Rech. expérim. sur les propriétés et les fonctions du système nerveux dans les animaux vertébrés*, 2e édit., p. 196 et suiv. Paris, 1842.
(5) *Ouvr. cit.*, p. 203 et 204.

cette origine. Ce point n'a donc, en tout, que *quelques lignes d'étendue* dans le lapins : il en a moins encore dans les animaux plus petits que ceux ci : il en a un peu plus dans les animaux plus grands, *l'étendue particulière de ce point variant comme varie l'étendue totale de l'encéphale* ; mais, en définitive, c'est toujours d'un point, et d'un point unique, et d'un point qui a quelques lignes à peine, que la respiration, l'exercice de l'action nerveuse, l'unité de cette action, la vie entière de l'animal, en un mot, dépendent. »

Guidé par les recherches de mes devanciers, j'ai fait également un assez grand nombre d'expériences, qui m'ont conduit à reconnaître que l'organe premier moteur du mécanisme respiratoire n'a pas son siége *dans toute l'épaisseur* de la rondelle ou du segment de bulbe commençant avec l'origine même de la huitième paire et finissant un peu au-dessous d'elle. En effet, j'ai pu diviser, détruire, à ce niveau, les pyramides antérieures et les corps restiformes, et voir la respiration persister : au contraire, la *destruction* isolée *du faisceau intermédiaire du bulbe*, au même niveau, *a produit l'arrêt instantané de la respiration* (1).

A cette occasion, je ferai observer que les corps restiformes et pyramidaux sont exclusivement formés de fibres blanches remplissant le simple rôle de conducteur des impressions et des ordres de la volonté, tandis que le faisceau intermédiaire (j'appelle ainsi celui qui est situé entre les corps pyramidal antérieur et restiforme) *est seul pénétré d'une quantité considérable de substance grise, riche en vaisseaux et apte à représenter, au centre du bulbe rachidien, un foyer spécial d'innervation*. C'est donc l'intégrité de ce foyer spécial, composé de substance grise, et aidé des fibres du faisceau intermédiaire, qui, d'après mes expériences, est seule nécessaire, chez les animaux, à l'entretien de leurs mouvements respiratoires; tandis que les facultés motrice et sensitive des parties qui l'avoisinent (*pyramides antérieures et corps restiformes*) peuvent être suspendues sans danger immédiat pour la vie, comme je l'ai constaté sur les animaux soumis à l'inhalation de l'éther. Est-il d'ailleurs besoin d'ajouter que tous les jours, chez les agonisants et les apoplectiques, on a occasion d'observer que, ne fonctionnant déjà plus comme organe de transmission, ni des impressions sensitives, ni de l'action cérébrale sur les muscles volontaires, cependant le bulbe continue d'agir comme premier moteur du mécanisme respiratoire?

Depuis la publication de nos expériences, en 1847, Flourens (2) s'est appliqué à définir, avec une précision nouvelle, le point de la moelle allongée qu'il appelle le *nœud* ou le *point vital*, et qu'il place « *à la pointe du V de substance grise* » existant en arrière de cet organe. Il ne s'agit plus ici, comme Flourens lui-même l'admettait autrefois, d'une partie offrant « quelques lignes d'étendue et variant comme varie l'étendue totale de l'encéphale » ; il s'agit, pour ainsi dire, d'un point mathématique dont l'ablation entraînerait l'extinction soudaine de la vie.

Pour faire cette expérience, « je me sers, dit Flourens, d'un petit emporte-pièce dont l'*ouverture a à peine un millimètre de diamètre*. Je plonge cet emporte-pièce dans la moelle allongée, en ayant soin que l'ouverture de l'instrument réponde au V de substance grise, et l'embrasse. J'isole ainsi, tout d'un coup, le

(1) Longet, *Expériences relatives aux effets de l'inhalation de l'éther sulfurique sur le système nerveux de l'homme et des animaux* (*Archiv. génér. de méd.*, t. XIII, p. 377, année 1847).

(2) *Note sur le point vital de la moelle allongée* (*Comptes rendus des séances de l'Acad. des sc. de Paris*, octobre 1851, p. 437).

point vital du reste de la moelle allongée, etc. : et, tout d'un coup, les mouvements respiratoires du tronc et les mouvements respiratoires de la face sont abolis..... C'est donc d'*un point* qui n'est pas plus gros qu'*une tête d'épingle*, que dépend la *vie du système nerveux*, la *vie de l'animal* par conséquent, en un seul mot, la *vie*. »

Cependant il nous a été souvent donné de voir, sur des lapins ou sur de jeunes chiens ayant subi une pareille lésion, les mouvements respiratoires persister avec leur rhythme ordinaire ; ajoutons qu'étant d'autres fois parvenu à diviser exactement sur la ligne médiane, le bulbe rachidien dans toute sa hauteur *en passant par la pointe du V de substance grise*, nous avions déjà vu antérieurement (1) la respiration continuer avec une certaine régularité.

Il n'en a pas été de même quand l'incision portait obliquement dans la profondeur du *faisceau gris* ou intermédiaire du bulbe : dans ces cas, parfois la mort a été instantanée, chez les chiens *adultes*, *alors même que la lésion était unilatérale.*

Il nous serait difficile de dire les véritables causes desquelles ont dû dépendre les différences des résultats obtenus par Flourens et par nous (*).

En résumé, toujours est-il que l'expérimentation démontre qu'on peut enlever, sur un jeune chien ou sur un lapin par exemple, les lobes cérébraux, les corps striés, les couches optiques, les tubercules quadrijumeaux, le cervelet et la protubérance annulaire, c'est-à-dire vider à peu près complétement la cavité crânienne (le bulbe rachidien et la moelle demeurant seuls intacts), et néanmoins voir les divers mouvements de la respiration continuer avec régularité ; mais que, si à l'aide de deux sections transversales du bulbe, on intercepte un segment ou une rondelle renfermant l'origine de la huitième paire avec quelques filets radiculaires du nerf spinal, tous ces mouvements de conservation s'arrêtent d'une manière brusque.

Ces faits prouvent donc que le principe qui régit le mécanisme respiratoire n'est pas réparti dans l'encéphale ou dans toute la moelle, mais qu'il siége réellement dans une portion circonscrite et déjà indiquée du bulbe rachidien.

II. — Le foyer encéphalique des mouvements multiples de la respiration étant déterminé, on a dû se préoccuper de l'idée de découvrir, *dans la moelle épinière*, les voies spéciales de transmission du principe de ces mouvements aux muscles

(1) Voy. mon *Traité de physiologie*, t. II, 2ᵉ partie, p. 84. Paris, 1850.

(*) Depuis l'impression des pages qui précèdent, FLOURENS a encore publié de *nouveaux détails sur le nœud vital* (voir *Comptes rendus des séances de l'Acad. des sc. de Paris*, 22 novembre 1858). Le petit emporte-pièce, « dont l'ouverture a *à peine un millimètre* de diamètre », ne paraît plus suffisant à Flourens pour isoler, du reste de la moelle allongée, le *point vital* auquel il reconnaît plus d'étendue qu'autrefois. « Le nœud vital, dit-il, est *double*, c'est-à-dire formé de deux parties ou moitiés réunies sur la ligne médiane, et dont chacune peut suppléer à l'autre. — Pour que la vie cesse, il faut que les deux moitiés soient coupées, et toutes deux dans la même étendue, dans une étendue de deux millimètres et demi chacune ; pour les deux et en tout, *cinq millimètres*. — Une section transversale de *cinq millimètres* dans un point de la moelle allongée (c'est-à-dire passant sur le milieu du V de substance grise). Voilà tout le peu qu'il faut pour détruire la vie. »

Si une pareille section, quand elle est profonde, fait cesser la vie, c'est que nécessairement, à ce niveau, elle porte sur le *noyau gris ou central* du bulbe (ou faisceau intermédiaire aux pyramides antérieures et aux corps restiformes) dont la destruction isolée, comme je l'ai démontré en 1847 (*loc. cit.*), suffit en effet pour produire l'arrêt instantané de la respiration.

respirateurs. Mais, avant de procéder à cette recherche, prouvons, par quelques exemples, que la moelle n'est bien en effet qu'un simple conducteur du principe de ces mouvements.

Afin de bien interpréter les faits suivants, il importe d'abord de savoir quels sont les nerfs, propres à influencer les actes mécaniques de la respiration, qui naissent de la moelle au-dessous du trou occipital.

Ces nerfs sont : 1° Le *spinal*, ou accessoire de Willis (nerf respiratoire supérieur du tronc, Ch. Bell), dont les racines s'implantent sur les cordons latéraux de la portion cervicale de la moelle, et dont beaucoup de rameaux se distribuent aux muscles sterno-cléido-mastoïdien et trapèze (*) ; 2° le *phrénique* ou diaphragmatique (nerf respiratoire interne du tronc, Ch. Bell), provenant surtout de la quatrième et, en partie, de la cinquième paire cervicale, et destiné au diaphragme ; 3° le *nerf respiratoire externe* du tronc (Ch. Bell), ou nerf du muscle grand dentelé, qui vient des cinquième et sixième paires cervicales ; 4° les *douze nerfs intercostaux* ou branches antérieures des nerfs dorsaux, dont toutes les racines s'insèrent sur la portion dorsale de la moelle, et dont les sept premiers se rendent aux muscles intercostaux, tandis que les cinq autres se divisent à la fois dans plusieurs de ces muscles et dans ceux de la paroi abdominale antérieure ; 5° la *première branche antérieure lombaire* qui, par une division de son rameau *iléo-scrotal*, complète la distribution des nerfs intercostaux dans les muscles de la paroi antérieure de l'abdomen.

Ces notions anatomiques étant établies, il devenait tout naturel de rechercher, à l'aide d'expériences sur les animaux vivants, ce qui adviendrait du côté des mouvements respiratoires, en coupant la moelle épinière à diverses hauteurs.

Galien (1) a déjà signalé, avec une grande justesse d'observation, les phénomènes principaux qui résultent de pareilles sections. Il a vu qu'en divisant la moelle, à l'union de la portion cervicale avec la dorsale, la poitrine se mouvait encore en bas et en haut, par le diaphragme et par les muscles supérieurs du tronc (sterno-cléido-mastoïdien, trapèze et grand dentelé) : « *Animal subito in latus procubuit, utrasque thoracis partes, et altas, et imas, commovens.* » Alors l'action de ces derniers muscles est aidée par la contraction de plusieurs autres de la partie supérieure de l'humérus (grand et petit pectoral), et tous tendent à suppléer les nerfs intercostaux paralysés : « *Namque omnes musculi intercostales in totum reddebantur immobiles.* »

Après la section de la moelle épinière entre la troisième et la quatrième vertèbre cervicale, c'est-à-dire au-dessus des origines du phrénique, du respiratoire externe du tronc et des nerfs intercostaux, Galien (2) a constaté l'abolition des mouvements respiratoires, non-seulement dans le thorax, mais dans toutes les parties situées au-dessous. Il n'a pas non plus omis, dans toutes ces expériences, de noter la perte de la sensibilité et du mouvement volontaire dans les organes placés au-dessous de la lésion.

Rappelons, comme il a été dit plus haut, qu'il avait aussi reconnu qu'en divisant la moelle épinière, *à son origine* ou à son union avec le bulbe rachidien, on fait périr l'animal immédiatement (3).

(*) Le spinal anime aussi les muscles du larynx, du pharynx, etc. Voy. t. II, p. 247, 262 et suiv. de mon *Traité d'anat. et de physiol. du syst. nerv.* Paris, 1842.

(1) *De anatom. administ.*, lib. VIII, cap. V, p. 676 et suiv., édit. de Kühn. Leipzig, 1821.
(2) *Ibid.*, cap. IX, édit. citée, p. 696 et 697.
(3) *Ibid.*

Quoique les deux premières expériences de Galien, qui viennent d'être mentionnées, soient déjà bien suffisantes pour prouver que le rôle de la *moelle proprement dite* se borne à transmettre le principe des mouvements respiratoires, je crois néanmoins devoir citer quelques autres expériences confirmatives qui ont été exécutées par des auteurs modernes.

Après avoir observé les mouvements du thorax chez un lapin âgé d'environ dix jours, Legallois (1) a coupé la moelle épinière sur la septième vertèbre cervicale : à l'instant, *ceux de ces mouvements qui dépendent de l'élévation des côtes se sont arrêtés ;* mais les contractions du diaphragme ont continué. Puis, ayant divisé la moelle au-dessus de l'origine des nerfs diaphragmatiques, il a fait cesser à la fois les mouvements des côtes et ceux du diaphragme.

Flourens (2), ayant opéré sur un lapin la section transversale de la moelle immédiatement au-dessus de l'origine de la première paire intercostale, a vu disparaître soudain tous les mouvements inspiratoires des côtes. Le tronçon de moelle duquel partaient les nerfs intercostaux était pourtant encore si plein de vie, que, pour peu qu'on l'excitât, la cage respiratoire se mouvait tout aussitôt, comme auparavant. — Après la section, sur un autre lapin, de la moelle épinière au-dessus de l'origine des nerfs diaphragmatiques, sur-le-champ les mouvements inspiratoires des côtes et du diaphragme ont disparu. Cependant, pour peu qu'on irritât le fragment médullaire postérieur, il survenait aussitôt des contractions du diaphragme et des mouvements des côtes ; il se faisait un véritable mouvement respiratoire du tronc, et ce mouvement pouvait aller jusqu'à déterminer un certain bruit dans le larynx. — Sur un troisième lapin, le même expérimentateur a coupé la moelle épinière au-dessus de l'origine de l'accessoire (nerf spinal) : tous les mouvements respiratoires des épaules, des côtes et du diaphragme se sont éteints. Une excitation extérieure du tronçon de moelle restant pouvait encore les ranimer tous.

« Nul de ces mouvements ne contient donc en soi, dit Flourens, le premier principe de son action : il suffit de les isoler d'un point donné pour qu'aussitôt ils s'éteignent ; il suffit de les maintenir réunis à ce point pour qu'ils se conservent : c'est donc évidemment de ce point, et de ce point seul, qu'ils tirent leur premier mobile. »

Quant aux mouvements des côtes, du diaphragme, etc., qu'on voit succéder à l'irritation mécanique du segment caudal de la moelle, ils sont évidemment dus à la persistance de l'excitabilité dans ce segment, et sont assimilables à ceux qu'on provoque dans les membres, en irritant les faisceaux antérieurs de la moelle divisée ou bien les racines spinales qui se détachent de ces faisceaux.

Calmeil (3) est arrivé à des résultats analogues ; seulement il mentionne une particularité que j'ai toujours observée dans mes propres expériences, et qui, déjà signalée par Galien, semble avoir échappé aux deux expérimentateurs précédents. « Coupez, dit Calmeil, sur un jeune chien ou sur un jeune chat, la moelle épinière un peu au-dessus de l'origine de la première paire intercostale, vous ferez *à peu près* cesser le jeu de toutes les côtes. » Cette expression *à peu près* est fort juste, car le jeu des côtes est encore entretenu en partie à l'aide du muscle grand dentelé,

(1) *Œuvres complètes*, t. I, p. 63 et 250. Rapport de Percy, édit. 1830, avec des notes de Pariset.

(2) *Recherches expérimentales sur les propriétés et les fonctions du système nerveux dans les animaux vertébrés*, 2e édit., p. 178. Paris, 1842.

(3) *Recherches sur la structure, les fonctions et le ramollissement de la moelle épinière* (*Journ. des progrès*, 1828, t. XI, p. 116).

dont le nerf prend origine au-dessus de la section, et aussi à l'aide des muscl grand et petit pectoral.

Sur des chiens, j'ai divisé la moelle entre la septième et la huitième paire dor sale, c'est-à-dire au-dessus de l'origine des cinq branches intercostales et de l première branche lombaire, qui animent les muscles de la paroi abdominale anté rieure, et j'ai vu les mouvements respiratoires *propres* à cette partie se supprimer on n'y apercevait plus que les mouvements communiqués par les contractions d diaphragme.

Ayant avancé que la colonne *antérieure* de la moelle est affectée à la transmis sion du principe des mouvements volontaires, et à l'origine des nerfs en rappor avec ces sortes de mouvements ; que la colonne *postérieure* est en relation avec le nerfs sensitifs et les phénomènes de sensibilité, Ch. Bell a supposé que la colonn *latérale* était destinée à conduire le principe des actes mécaniques de la respira tion, et à donner implantation à tous les nerfs qu'il nomme *respiratoires*.

Sans parler ici des nerfs crâniens, auxquels Ch. Bell applique cette même déno mination, et qui seront cités tout à l'heure, je dois rappeler que cet auteur admet comme *nerfs respiratoires*, tous les nerfs rachidiens qui ont été indiqués plu haut. Seulement, d'après lui, tous ces nerfs, qui peuvent contenir des filets de sen sibilité et de mouvement volontaire, venus des faisceaux médullaires postérieur e antérieur, en renferment d'autres qui émergent exclusivement du faisceau latéral et qui sont en rapport avec les mouvements de la respiration.

A l'appui de son hypothèse ingénieuse sur les fonctions des cordons médullaire latéraux, Ch. Bell n'a pas apporté de preuves expérimentales ou pathologiques.

Dans les expériences que j'ai si fréquemment exécutées sur les diverses colonne de la moelle épinière, je n'ai pu couper *isolément* ses colonnes latérales, ni pa conséquent obtenir des résultats directement confirmatifs de l'idée du physiologist anglais (*) ; mais, ayant réussi à diviser, dans la région cervicale, les cordons mé dullaires antérieurs et postérieurs, je n'ai point vu les mouvements respiratoire devenir notablement plus difficiles qu'avant cette section. De plus, je rappellera qu'en faisant passer, avec les précautions voulues, un courant électrique dans l cordon latéral de la moelle, je n'ai donné lieu qu'à des mouvements peu prononcé dans le membre abdominal correspondant, tandis qu'ils y étaient fort énergique si ce même courant traversait le cordon antérieur : encore les contractions légère observées dans le premier cas, contractions qui, d'ailleurs, étaient loin d'être con stantes, pourraient-elles bien n'avoir dépendu que d'une dérivation du couran électrique sur le cordon antérieur lui-même.

Si, d'après ces résultats, il est présumable que les colonnes latérale et anté rieure de la moelle ont des fonctions différentes, s'il est démontré que les mou vements respiratoires peuvent persister après la section des colonnes antérieure et postérieures, on ne doit pas néanmoins affirmer que la colonne latérale influenc les actes mécaniques de la respiration, à l'exclusion de l'antérieure. En effet, il im porte de ne pas oublier que ces actes sont en partie sous la dépendance de la vo lonté : il serait donc possible que les colonnes antérieures intervinssent seulemen

(*) Schiff (*Arch. de Tubingue*, 1853) dit qu'il a pratiqué, avec succès, la section isolée d l'une des colonnes latérales de la moelle, dans la région du cou. Le mouvement volontaire et le sen timent étant demeurés intacts chez un chien ainsi opéré, la respiration ne se rétablit point, du côt de la section, pendant les dix semaines que l'on conserva l'animal. A l'autopsie, le poumon corres pondant fut trouvé plus engoué et plus dense que celui du côté opposé.

dans les cas, par exemple, où volontairement l'individu cesse momentanément de respirer, modifie le rhythme de sa respiration, en rendant celle-ci plus fréquente ou plus rare, plus courte ou plus longue, et que la section de la portion antérieure de la moelle abolit seulement l'empire de la volonté, c'est-à-dire l'influence des lobes cérébraux sur les mouvements respiratoires.

Quoi qu'il en soit, de nouveaux faits sont nécessaires pour établir l'opinion de Ch. Bell, en ce qui concerne les colonnes médullaires latérales que, pour ma part, je n'oserais pas considérer comme absolument étrangères aux mouvements volontaires. Je rappellerai qu'elles sont *insensibles* comme les antérieures, qu'elles donnent certainement origine, aux environs du bulbe, à des nerfs qui concourent à influencer les mouvements respiratoires (N. accessoire de Willis et facial), et qu'elles semblent enfin devoir être considérées comme motrices (1).

Mais achevons l'exposé critique de l'hypothèse de Ch. Bell, en ce qui concerne ceux des nerfs crâniens qu'il nomme aussi *respiratoires*. Au niveau du bulbe, la colonne latérale de la moelle, se prolongeant en grande partie derrière l'éminence olivaire, donnerait origine, selon le physiologiste anglais (2) aux nerfs accessoire de Willis, pneumogastrique, glosso-pharyngien et facial : « Il paraît donc, ajoute-t-il, qu'il sort quatre nerfs de cette colonne, *qui n'en fournit aucun au système de la sensibilité, ni à celui du mouvement volontaire*. Il est prouvé en outre, par l'expérience, que ces nerfs excitent des mouvements dépendants de l'acte de la respiration. On ne peut douter que les mouvements du cou, de la gorge, de la face et des yeux, qui ont rapport à l'acte de la respiration ou qui en dépendent, ne lui soient associés par le moyen de ces nerfs. »

Assurément, nous sommes loin d'adopter ici les assertions de Ch. Bell, qui presque toutes, à notre sens, sont erronées. En effet, l'anatomie démontre incontestablement : 1° que, parmi les nerfs crâniens influençant les mouvements respiratoires, le spinal et le facial sont les seuls qui proviennent de la colonne latérale de la moelle, prolongée derrière les olives, dans le bulbe rachidien, la protubérance, etc. ; 2° qu'au contraire, le glosso-pharyngien et le pneumogastrique (*portions ganglionnaires*) s'implantent sur les corps restiformes, dans la ligne du sillon collatéral postérieur, sillon dans lequel s'implantent, plus inférieurement, toutes les racines spinales postérieures ou sensitives. Or, puisque les deux nerfs dont il s'agit naissent sur le même faisceau médullaire que ces racines, et sont, comme elles, pourvus de ganglions, ils doivent, dans la théorie de Ch. Bell lui-même, avoir des fonctions analogues, c'est-à-dire présider à la sensibilité et non au mouvement. D'ailleurs, le glosso-pharyngien n'envoie-t-il pas des filets à la muqueuse de la base de la langue, à celles du pharynx, de la trompe d'Eustache et de la cavité du tympan ? Les divisions du pneumogastrique ne se ramifient-elles pas dans les membranes muqueuses qui tapissent le larynx, la trachée, les bronches, l'œsophage et l'estomac ? Il y a donc erreur à soutenir, avec Ch. Bell, que les nerfs glosso-pharyngien et pneumogastrique, qu'il fait à tort provenir de la colonne latérale du bulbe, sont étrangers à la sensibilité. Le même physiologiste émet encore

(1) Bellingeri suppose que les fonctions des cordons latéraux de la moelle épinière se rapportent à certains actes organiques. Il croit, en particulier, que les filets des racines antérieures qui naissent de ces cordons concourent à former le grand sympathique, et qu'ils exercent de l'influence sur la nutrition et la circulation. Ces hypothèses de Bellingeri ne sont confirmées par aucune espèce de preuves.

(2) *Exposit. du syst. nat. des nerfs, etc*, p. 13, 14, 32 et suiv., trad. de Genest. Paris, 1825.

une opinion inexacte, quand il avance implicitement que l'action des nerfs spina et facial ne se lie en aucune façon aux mouvements volontaires. Je démontrera ailleurs que le spinal anime non-seulement les muscles sterno-cléido-mastoïdien e trapèze, mais encore ceux du larynx, du pharynx, et la tunique contractile de bronches, etc. Or, la volonté n'a-t-elle donc aucune prise sur les muscles du larynx De plus, la contraction de ceux de la face n'est-elle donc aucunement volontaire J'exposerai plus tard les arguments qui prouvent que le glosso-pharyngien et l pneumogastrique, loin d'être des nerfs respiratoires directement moteurs, comm l'admet Ch. Bell, sont, au contraire, des nerfs exclusivement sensitifs, si toutefoi l'on fait abstraction du spinal et du facial, qui s'anastomosent avec eux au delà d leur origine ; si, en d'autres termes, on n'envisage que leurs *portions ganglionnaires.*

Mais, tout en rejetant la prétendue classe des nerfs respiratoires crâniens établi par Ch. Bell (*), nous ne pouvons nous empêcher d'admettre, en nous fondant su nos propres expériences, que les fonctions du faisceau *intermédiaire* ou *latéra du bulbe* se rapportent à la respiration. Car, comme nous l'avons déjà fait observer tandis que les corps restiformes et les pyramides antérieures sont exclusivemen formés de fibres blanches propres à transmettre les impressions et le princip des mouvements volontaires, le faisceau latéral seul est pénétré d'une quantit considérable de substance gris jaunâtre, riche en vaisseaux, et apte à représente un foyer d'innervation au centre du bulbe rachidien.

En terminant, nous croyons d'ailleurs devoir rappeler que les *lésions traumatiques ou autres* de la portion cervicale de la moelle épinière, chez l'homme, donnent constamment lieu à des symptômes qui confirment les faits reconnus par le physiologistes, dans leurs expériences sur les animaux vivants.

Ainsi, quand ces lésions siégent au niveau de la troisième vertèbre *cervicale*, par exemple, la respiration devient extrêmement laborieuse et difficile ; les mouvements d'inspiration ne sont dus qu'aux muscles du cou et des épaules, à ceux des ailes du nez et de la glotte ; le diaphragme est immobile, les muscles qui meuvent les côtes sont paralysés, et le malade ne tarde pas à périr dans les angoisses d'une véritable asphyxie (1).

Les altérations pathologiques de la moelle épinière, dans la région *dorsale*, prouvent également que cette portion de la moelle intervient comme agent indispensable de transmission de certains mouvements respiratoires. On voit, même dans la myélite qui occupe le haut de la région dorsale, les malades accuser un sentiment de constriction des parois thoraciques, une oppression continuelle. Survient-il passagèrement un accès fébrile qui accélère les mouvements du cœur, aussitôt la dyspnée devient extrême, la dilatation de la poitrine, dans l'inspiration, ne s'effectue qu'avec des efforts prolongés et très pénibles (2).

Tout ce qui précède démontre donc bien surabondamment que la moelle, *sans le bulbe rachidien*, n'est, relativement au *principe des mouvements respiratoires*,

(*) Cet auteur rapproche aussi des nerfs précédents celui de la quatrième paire ou *pathétique*, qu'il nomme nerf respiratoire de l'œil (*Exposit. du syst. nat. des nerfs, etc.*, p. 236).

(1) Voy. le *Traité des maladies de la moelle épinière*, par Ollivier (d'Angers), t. I, p. 253 et suiv.; *ibid.*, p. 365, 3e édit.

(2) *Ibid.*, t. I, p. 370; t. II, p. 337, et passim.

comme à celui des mouvements volontaires, qu'un simple cordon conducteur, et que de plus les voies parcourues par ce principe, dans la moelle, ne sont pas encore assez nettement déterminées.

III. — Il nous faut maintenant pénétrer plus avant dans les détails du mécanisme respiratoire, au point de vue de ses rapports avec le *système nerveux périphérique.*

Nous aurons ainsi à examiner successivement les divers mouvements qui composent ce mécanisme et qui se produisent, — 1° soit dans les narines, la bouche et le voile du palais, — 2° soit dans le larynx et les voies pulmonaires, — 3° soit enfin dans les épaules, les parois du thorax et celles de l'abdomen.

A chaque groupe de ces mouvements qui concourent, avec un ordre si merveilleux, à l'accomplissement de la respiration, nous devrons rapporter les différents nerfs qui les influencent d'une manière directe.

1° — Chez l'homme et dans la plupart des vertébrés supérieurs, quand l'inspiration a lieu par les *fosses nasales*, on voit leur orifice antérieur se dilater plus ou moins largement ; ou bien, si l'inspiration se fait par la *bouche*, celle-ci s'entr'ouvre, et, en même temps, le voile du palais s'élève de manière à agrandir l'*isthme bucco-pharyngien*. Ces effets sont surtout bien appréciables toutes les fois qu'une cause quelconque vient activer la respiration.

D'où proviennent les rameaux nerveux qui alors tiennent sous leur dépendance les mouvements des ouvertures nasale, buccale et bucco-pharyngienne? Généralement on sait aujourd'hui que c'est le nerf facial (septième paire) qui anime les muscles dilatateurs ou constricteurs des narines et de la bouche. Quant à la question de savoir *de quel tronc proviennent les nerfs qui font mouvoir les divers muscles du voile du palais* et de l'orifice bucco-pharyngien, sa solution a été plus tardive, et je crois avoir été assez heureux pour la donner, le premier, en 1838 (1).

Le nerf facial, selon moi, préside à la contraction de tous les muscles du voile palatin, excepté le péristaphylin externe, qui est animé, comme on le savait, par la racine motrice du trijumeau. C'est par l'entremise du grand nerf pétreux et du ganglion sphéno-palatin que le facial se distribue aux muscles péristaphylin interne et palato-staphylin ; et c'est par l'entremise du rameau anastomotique qu'il envoie au glosso-pharyngien que le nerf facial parvient aux muscles glosso-staphylins et pharyngo-staphylins (*). De là cette remarque entièrement neuve : le nerf facial, qui anime les muscles constricteurs et dilatateurs des orifices nasal et buccal, *anime aussi les muscles qui dilatent et ceux qui resserrent l'orifice bucco-pharyngien* (**).

(1) *Mémoire sur la portion céphalique du nerf grand sympathique*, dans *Journ. des conn. méd. chir.*, 1838, et dans mon *Traité d'anat. et de physiol. du syst. nerv.*, t. II, p. 414, 457, Paris, 1842.

(*) Richet, alors prosecteur de la Faculté, m'a fait voir une préparation confirmative de mon opinion : il s'agissait d'un rameau du facial, qui, au lieu de s'anastomoser d'abord comme à l'ordinaire avec le glosso-pharyngien, allait directement se répartir, *d'un côté*, dans les muscles glosso-staphylin et pharyngo-staphylin. Cette préparation figure aujourd'hui dans les collections du musée de l'École de médecine.

(**) Dans divers ouvrages et mémoires récents de physiologie, cette opinion est adoptée et présentée avec de légères variantes, sans indication de son origine.

Je regarde donc une notable partie du *grand nerf pétreux* comme la *racine motrice* du ganglion sphéno-palatin, et je la fais provenir du nerf facial au lieu de la faire dériver du nerf triju-

En effet, dans notre opinion, les constricteurs transverses de cet orifice ou les pharyngo-staphylins, ses constricteurs verticaux ou glosso-staphylins, ses dilatateurs ou palato-staphylin et péristaphylins internes reçoivent des filets du facial qui leur parviennent, soit après s'être unis au glosso-pharyngien, soit après avoir traversé le ganglion sphéno-palatin. Quant aux muscles péristaphylins externes ou tenseurs du voile du palais, ils empruntent, nous l'avons dit, leurs filets nerveux au *nerf masticateur* ou racine motrice du trijumeau, et agissent surtout dans la déglutition, tandis que l'action des muscles précédents se rapporte plutôt à la respiration ou à différents actes qui lui sont annexés.

Tout en admettant que le rameau anastomotique du facial avec le pneumogastrique (*rameau auriculaire*) présente des filets se rendant de ce dernier à l'oreille externe, comme le disent quelques anatomistes, nous avons néanmoins la certitude que plusieurs vont aussi du facial au pneumogastrique : seraient-ce là des filets qui ultérieurement parviendraient jusqu'au larynx, et le facial influencerait-il donc les *mouvements associés* de tous les orifices que l'air doit traverser avant d'arriver aux organes pulmonaires ? S'il en était ainsi, la dénomination, d'ailleurs impropre, de *nerf respiratoire* lui serait applicable dans un sens beaucoup plus large que ne l'entendait Ch. Bell.

Aux narines, à la bouche, comme à la glotte et à l'orifice bucco-pharyngien, des puissances musculaires, propres à maintenir ces orifices suffisamment béants, étaient nécessaires pour résister à la pression atmosphérique qui se fait sentir lors de l'inspiration, par suite du vide virtuel de la poitrine : tel est le rôle des *muscles dilatateurs* qui leur sont adjoints. Aussi, en ce qui regarde spécialement le nerf facial, après qu'il est reséqué ou paralysé, voit-on les ailes du nez se rapprocher de la cloison, et même s'y accoler aussi souvent que, la bouche étant close, il survient un mouvement inspiratoire. Dans une observation de paralysie du nerf facial *de chaque côté*, chez l'homme, observation que nous avons relaté ailleurs (1), souvent l'affaissement des narines était tel que, dans les fortes inspirations, elles se rapprochaient de la cloison nasale de manière à intercepter complétement le passage de l'air. A chaque mouvement inspiratoire, les lèvres, comme deux voiles mobiles, sortaient et rentraient selon la direction du courant de l'air.

Du reste, la résection de la septième paire apporte à la respiration une gêne plus considérable chez les solipèdes, dont les ailes du nez sont souples et très mobiles, et aussi chez la brebis principalement, que chez les animaux qui ont ces parties fermes, rigides, peu susceptibles de s'affaisser, et qui respirent aisément par la bouche, comme les carnassiers, par exemple (2).

meau, à l'exemple des autres anatomistes. Assimilant ce grand nerf pétreux à la racine motrice envoyée par le moteur oculaire commun au ganglion ophthalmique, et les ramuscules qui animent les muscles palato-staphylin et péristaphylin interne aux ramuscules moteurs de l'iris, j'ai pu expliquer comment la déviation de la luette se produit dans l'hémiplégie faciale due à une lésion de la septième paire (facial). En effet, de même que la lésion du nerf moteur oculaire commun détermine la paralysie de l'iris, de même aussi la lésion du nerf facial, avant l'*hiatus Fallopii*, doit paralyser en partie le voile du palais. Mais, comme cette dernière paralysie ne saurait se produire si la lésion siége au-dessous de cet hiatus qui livre passage au grand nerf pétreux, ma remarque pourrait guider le pathologiste dans son diagnostic sur le siége de la cause paralysante, en l'autorisant à dire que la lésion morbide se rapproche plus ou moins du centre nerveux, selon que la déviation de la luette accompagne ou non l'hémiplégie faciale.

(1) LONGET, *Traité d'anat. et de physiol. du syst. nerv.*, etc., t. II, p. 468. Paris, 1842.
(2) G. COLIN, *Traité de physiol. comp. des anim. domestiques*, t. II, p. 220. Paris, 1856.

Ch. Bell (1), convaincu du rôle important que le facial remplit dans les mouvements respiratoires de la face, soupçonna que la trompe de l'éléphant, étant creuse et continue avec les organes de la respiration, devait avoir des ramifications de ce nerf : en effet, John Shaw (2) démontra leur existence. « Je trouvai, dit cet auteur, que la trompe recevait non-seulement des branches de la cinquième paire, comme Cuvier le décrit, mais aussi une très grosse branche de la *portion dure* (N. facial). Cette dernière sortait, comme chez les autres mammifères, de la glande parotide ; elle donnait au cou quelques branches descendantes, et passait ensuite derrière la mâchoire pour se porter à la trompe, ayant presque conservé toute son intégrité et étant de la grosseur du nerf sciatique dans l'homme ; elle n'avait donné dans son trajet que quelques petites branches aux muscles de l'œil, à ceux de l'oreille et à un petit muscle qui correspond au peaucier. Des divisions de cette *portion dure* remontaient à l'appareil valvulaire dans la partie supérieure de la trompe. »

J. Shaw (3) a également suivi des rameaux du nerf facial dans les muscles moteurs des branchies chez les poissons.

Bourjot (4), en étudiant l'appareil nasal de la respiration ou de l'évent chez les cétacés souffleurs, et en particulier sur le marsouin ordinaire (*Delphinus phocæna*), a été amené à reconnaître que la distribution du facial y offrait un type propre et tendant à confirmer l'opinion de Ch. Bell sur la spécialité de fonction de ce nerf, considéré comme nerf respiratoire de la face. « Celui-ci, à partir du trou stylo-mastoïdien, dit Bourjot, commence à marcher d'arrière en avant sous forme d'un cordon unique, solide, arrondi ; passe au-devant de l'os maxillaire inférieur, contourne le globe de l'œil jusqu'à la commissure des lèvres. Dans ce trajet, il ne donne aucun filet. Arrivé à l'angle orbitaire antérieur, le tronc du nerf s'engage sous un ligament musculo-fibreux qui remplace le buccinateur sans lui laisser de filets, et bientôt changeant de direction et se pliant sur lui-même à angle aigu, il dirige des branches nombreuses et très profondes vers l'appareil de l'évent, pénètre l'épaisseur des muscles dilatateurs des orifices et compresseurs des poches à eau. Aucune des branches du facial ne se porte vers les lèvres et à la pointe du museau ; ces parties ne reçoivent que des rameaux de la portion sous-orbitaire de la cinquième paire. »

Ayant eu occasion de disséquer l'autre moitié de la tête examinée par Bourjot, j'ai reconnu que le nerf facial, avant sa brusque réflexion, fournissait des rameaux à l'orbiculaire palpébral ainsi qu'aux muscles des lèvres : ces rameaux sont, il est vrai, fort petits relativement à ceux que l'on voit se rendre à l'appareil de l'évent.

D'après la distribution remarquable du nerf facial chez les cétacés, on peut croire que, si la section de ce nerf était faite des deux côtés, l'animal serait frappé d'une inévitable asphyxie ; car, par le fait de la paralysie des muscles dilatateurs et releveurs des valvules externes et profondes de l'évent, il ne pourrait ni attirer l'air en dilatant ses orifices nasaux, qui, au contraire, s'affaisseraient sous la pression atmosphérique, ni expulser l'eau qu'il aurait reçue dans ses poches nasales.

2° — Nous arrivons à une partie importante de notre tâche qui est de faire con-

(1) *Exposit. du syst. nat. des nerfs*, trad. de Genest, p. 76.
(2) *Ibid.*
(3) *Quarterly Journal of Science*, mars 1822.
(4) *Sur le mécanisme de la respiration nasale chez les Cétacés souffleurs*, dans le tome V des *Mémoires des savants étrangers*.

naître l'action exercée par le système nerveux à la fois sur le *larynx*, la *trachée* les *bronches* et les *poumons*. Ici il ne s'agira pas toujours de phénomènes purement mécaniques, comme ceux qui viennent d'être examinés.

a. — Signalons, d'abord, les troubles plus ou moins fâcheux de la *respiration*, occasionnés par la section ou la paralysie des nerfs laryngés inférieurs troubles qui avaient échappé à l'observation de Galien et de la plupart des physiologistes jusqu'à Legallois. Cependant il était arrivé plusieurs fois que des animaux avaient succombé aussitôt après la ligature ou la section des nerfs pneumogastriques : ce fait avait été observé par Piccolhomini, Molinelli, Sénac, Haller, etc. qui n'avaient pu en donner une explication satisfaisante. Legallois (1), ayant fait la même remarque sur des chiens âgés de deux jours, cherchait aussi la cause de cet étrange phénomène, lorsqu'une fois, importuné par les cris aigus d'un petit chien du même âge auquel il voulait lier les carotides, il s'avisa, pour le faire taire de recourir à l'expérience de Galien, c'est-à-dire de lui couper les deux nerfs récurrents qui se présentaient à sa vue. Aussitôt l'animal fit de grands efforts pour respirer, se débattit d'une manière convulsive, et bientôt ne donna plus aucun signe de vie. Legallois dut rechercher dans le larynx la cause d'une mort aussi prompte, et il soupçonna que cette cause consistait dans une diminution subite et considérable de la glotte : le moyen qu'il employa, pour vérifier ce soupçon, fut de pratiquer une large ouverture à la trachée-artère, au-dessous du larynx, après avoir coupé les récurrents ou les nerfs pneumogastriques. L'air pouvant parvenir promptement dans les poumons par cette ouverture, sans passer par la glotte, tous les symptômes de suffocation qu'il avait observés ne devaient plus avoir lieu, si sa conjecture était fondée : l'expérience en démontra la justesse.

Legallois établit que la section des nerfs récurrents produit une suffocation de moins en moins marquée à mesure que les animaux s'éloignent de l'époque de leur naissance, et il donne pour raison de ce fait que l'ouverture de la glotte, relativement à la capacité pulmonaire, s'agrandit à mesure qu'on s'éloigne davantage de cette époque.

Le resserrement plus ou moins immédiate de la glotte, après la section des récurrents, étant un fait acquis à la science, pouvons-nous en déterminer la cause ?

Examine-t-on, sur l'animal vivant, l'intérieur d'un larynx privé de ces nerfs, à chaque mouvement inspiratoire un peu intense on voit la glotte se fermer ou tendre à se fermer, au lieu de s'ouvrir comme il arrive à l'état normal dans ce temps de la respiration ; et l'on reproduit facilement cette tendance à l'occlusion, lorsque, ayant adapté un soufflet à la trachée-artère d'un animal mort, on vient à aspirer l'air par la glotte. Au contraire, cette tendance est contre-balancée, dans l'état de vie normal, par l'action des deux *crico-aryténoïdiens postérieurs*, muscles essentiellement inspirateurs, qui, en se contractant, tiennent les lèvres de la glotte écartées, et préviennent ainsi l'effet de la pression atmosphérique, lors de chaque mouvement d'inspiration. C'est donc évidemment surtout à la paralysie de ces derniers muscles, à celle de la plupart des muscles laryngés et à la pression atmosphérique, que doit être rapportée l'occlusion plus ou moins complète de la glotte, puisqu'on reproduit à volonté ce phénomène sur des larynx privés de vie, et par conséquent de toute action musculaire. — Cependant Magendie enseigne que ce sont certains muscles, agissant encore après la section des ré-

(1) Tome I[er] de ses *Œuvres*, p. 170 et suiv., avec des *Notes* de Fariset. Paris, 1830.

currents, qui tendent à occlure la glotte : ayant rappelé les expériences dans lesquelles, après cette section, on avait vu les bords de cette ouverture se rapprocher tellement, que la mort s'en était suivie, ce physiologiste ajoute : « A l'époque où ces observations ont été faites, il n'était guère possible de se rendre rigoureusement raison de ces phénomènes; *mais, depuis que j'ai fait connaître la manière dont les nerfs récurrents et laryngés se distribuent aux muscles du larynx, cela ne présente plus de difficulté.* Par la section de la huitième paire, à la partie inférieure du cou (ou des récurrents, qui n'en sont que des divisions), les muscles dilatateurs de la glotte sont paralysés ; cette ouverture ne s'élargit plus dans l'instant de l'inspiration, tandis que les *constricteurs qui reçoivent leurs nerfs des laryngés supérieurs* conservent toute leur action, et ferment plus ou moins complétement la glotte (1). » Il s'agit, en dernier lieu, des muscles cryco-thyroïdiens et aryténoïdien ; et, afin que le lecteur évite toute méprise sur l'action de celui-ci, dont la contraction serait sous l'influence du laryngé supérieur, il est dit ailleurs : « L'effet de cette contraction est tel, qu'il fait périr asphyxiés les jeunes animaux auxquels les nerfs récurrents ont été coupés (2). »

Ainsi, dans ces passages, nous trouvons deux assertions : 1° le muscle aryténoïdien est animé par les laryngés supérieurs ; 2° c'est lui qui ferme plus ou moins complétement la glotte chez les animaux auxquels on a retranché les nerfs récurrents. — Ces deux assertions sont tellement connexes, qu'avoir démontré l'inexactitude de la première, c'est aussi avoir annulé la seconde. M'attachant donc surtout à celle-là, je rappellerai d'abord l'expérience dans laquelle, en galvanisant sur le chien, le cheval, le bœuf, etc., le rameau laryngé supérieur interne, dans le point le plus voisin de l'aryténoïdien, je n'ai point obtenu de contractions dans ce muscle, tandis que celles-ci ont éclaté avec force quand l'électricité a été appliquée à un certain rameau des récurrents qui sera mentionné plus bas; par conséquent, nous serions déjà autorisé à conclure de ces expériences qu'il n'est pas permis d'avancer que l'aryténoïdien se contracte sous l'influence du laryngé supérieur. Mais voici encore d'autres preuves pour les esprits plus difficiles à convaincre : je divise durant la vie, chez le chien, la membrane thyro-hyoïdienne et avec elle les *deux rameaux laryngés internes*, que l'on suppose faire contracter le muscle aryténoïdien, puis je renverse le larynx au-devant du cou de l'animal, en évitant avec grand soin la lésion des récurrents; alors les mouvements de la glotte peuvent être étudiés avec facilité. On la voit se dilater à chaque inspiration ; mais l'air est-il violemment expiré et un cri se fait-il entendre, le resserrement de la glotte devient très manifeste *et les cartilages aryténoïdes se rapprochent avec force.* Or, de l'aveu de tous les physiologistes, il n'y a que le muscle aryténoïdien qui puisse déterminer un tel rapprochement de ces cartilages; ce muscle n'est donc pas paralysé, et, puisque j'avais coupé les laryngés supérieurs internes, ce ne sont point eux qui excitent sa contraction : *les récurrents animent donc à la fois les muscles qui resserrent et ceux qui dilatent la glotte.* Aussi venons-nous de voir cette ouverture conserver intacts ses mouvements de resserrement et de dilatation après la section des laryngés supérieurs, qui, dans notre opinion, font contracter, parmi les muscles intrinsèques du larynx, seulement ceux qui tendent les cordes vocales (*M. crico-thyroïdiens*).

Dès lors, l'expérimentation nous démontre que la première proposition, « *les*

(1) *Précis élément. de physiol.*, t. II (1836), p. 354.
(2) *Ouvr. cit.*, t. I, p. 295.

laryngés supérieurs animent l'aryténoïdien, » doit être rejetée. Mais, au contraire, la section des récurrents paralysant le muscle aryténoïdien, il pourra paraître superflu de prouver, contre le sentiment de Magendie (1) qu'après cette opération, *l'occlusion de la glotte ne saurait être l'effet de la contraction de ce muscle.* Voici néanmoins l'expérience qu'à ce propos j'ai cru devoir instituer. Je divise d'abord les deux nerfs laryngés supérieurs, puis le larynx est attiré en avant, de manière que les mouvements alternatifs de la glotte puissent être aperçus dans toute leur intégrité : alors, coupe-t-on un laryngé inférieur, ceux-ci n'ont plus lieu du côté correspondant, et l'ouverture de la glotte diminue de moitié ; ces mouvements cessent tout à fait après qu'on a coupé les deux nerfs laryngés inférieurs, et la glotte s'efface plus ou moins complétement (*), par le rapprochement de ses lèvres, toutes les fois que l'animal fait une inspiration. Or, quels peuvent être ici les agents musculaires de cette occlusion ; dira-t-on encore que c'est l'aryténoïdien ou quelque autre constricteur? Mais ne voit-on pas que, dans cette expérience, j'ai supprimé les quatre nerfs laryngés, et qu'ainsi tous les muscles propres au larynx sont frappés de paralysie ? — Puisque, d'une part, sur le vivant, l'occlusion de la glotte s'effectue en l'absence des forces musculaires, et que, d'autre part, d'après le procédé déjà indiqué, on la reproduit à volonté sur le larynx d'un animal mort, force est bien de reconnaître que la théorie en discussion ne saurait être admise. Celle que nous adoptons a été exposée plus haut.

— Comme Legallois, j'ai constaté que le resserrement de la glotte, et par conséquent la suffocation, qui résultent de la section des récurrents, sont beaucoup plus marqués chez les jeunes animaux que chez ceux qui sont plus avancés en âge.

Cela m'a conduit à donner une explication nouvelle de cette différence si tranchée, explication fondée sur des observations directes (2). Et d'abord, sachons qu'il y a lieu de distinguer dans la glotte, 1° une partie antérieure ou *interligamenteuse ;* 2° une partie postérieure ou *intercartilagineuse :* notons encore que les dimensions relatives de ces deux portions varient selon l'espèce, mais surtout suivant l'âge des animaux. En effet, chez l'homme adulte, la seconde représente seulement le tiers environ de la glotte ; tandis que, dans les espèces que j'ai étudiées à l'état adulte (cheval, bœuf, mouton, chien, chat et lapin), elle constitue environ la moitié postérieure de cette ouverture. En examinant comparativement le larynx de l'homme et celui de ces animaux (le cheval excepté) à une époque rapprochée de la naissance, je me suis convaincu que l'espace intercartilagineux est infiniment petit relativement à l'espace interligamenteux, *ce qui tient à l'absence, presque complète alors, des apophyses antérieures des cartilages aryténoïdes.* Il résulte donc de cette disposition anatomique que, dans le jeune âge, les côtés de la glotte sont pour ainsi dire entièrement membraneux, et bordés, dans une étendue infiniment petite, par des cartilages d'ailleurs extrêmement mous et faciles à affaisser. Comme conséquence d'une pareille disposition, après la paralysie des muscles crico-aryténoïdiens postérieurs, qui succède à la section des récurrents, on devra necessairement observer, lors de l'inspiration, le contact facile et immédiat des bords glottiques dans toute leur longueur ; car ces muscles

(1) *Ouvr. cit.*, t. I, p. 295, et t. II, p. 354.

(*) Suivant l'âge, et même selon l'espèce des animaux.

(2) LONGET, *Rech. expérim. sur les fonctions des muscles et des nerfs du larynx*, etc. (*Gazette méd. de Paris*, 1841.)

dilatateurs étaient les seules forces qui pussent, en tenant la glotte ouverte, résister à la pression atmosphérique lors du mouvement inspiratoire. Mais, dans un âge plus avancé, les muscles crico-aryténoïdiens *postérieurs* ne sont plus les uniques agents qui, dans ce temps de la respiration, préviennent l'occlusion de cette ouverture; alors, en effet, dans son état de repos, la glotte prend la configuration suivante : elle se termine en pointe antérieurement, s'élargit en arrière, et offre un léger rétrécissement dans son milieu, rétrécissement qui est dû aux apophyses aryténoïdiennes antérieures, actuellement très développées et même un peu recourbées en dedans. Les muscles crico-aryténoïdiens *latéraux* viennent-ils à se contracter, ou, le larynx étant paralysé, la pression atmosphérique intervient-elle, les sommets de ces apophyses se rapprochent, se touchent même, comme je l'ai démontré par des expériences directes : la glotte interligamenteuse est, dans ce cas, rétrécie ou occluse, tandis que la glotte intercartilagineuse demeure ouverte et circonscrite par des bords curvilignes, résistants, cartilagineux, susceptibles même de devenir osseux avec les progrès de l'âge. L'air pourra donc continuer à traverser ce dernier orifice, à parois peu compressibles et mal vibrantes : de là, selon moi, le peu de gêne dans la respiration qu'entraîne la section des récurrents, chez les animaux adultes et surtout âgés ; de là aussi l'impossibilité pour eux, comme je l'ai reconnu, de produire des sons aigus après cette opération.

— Un fait assez digne d'intérêt s'est encore révélé à mon observation, en examinant les animaux qui avaient subi la résection des nerfs laryngés inférieurs : je veux parler de l'*accroissement numérique des inspirations*, dans un temps donné. Assurément, on peut établir qu'alors la respiration est toujours plus fréquente ; seulement diverses circonstances, et surtout l'âge, m'ont paru apporter de très grandes différences dans les résultats. Le nombre des inspirations, qui, chez un chien *adulte*, est de 18 à 20 par minute, s'élève, après l'opération, à une moyenne de 30 à 32 ; tandis que, chez les chiens âgés seulement à peu près de trois mois, et qui, dans une minute, respirent 22 à 25 fois, on peut compter jusqu'à 48 inspirations. Le lapin adulte, qui fait de 40 à 50 inspirations dans le temps indiqué, peut en offrir jusqu'à 100 et même 108. Il faut faire toutes ces observations sans que les animaux s'aperçoivent, pour ainsi dire, qu'on s'occupe d'eux ; autrement la respiration se précipite encore, devient suspirieuse, comme quand on les force à marcher et surtout à courir, ce qui, dans ce dernier cas, les fait tomber quelquefois comme suffoqués (*). — Nous croyons facile de trouver la cause pour laquelle les animaux, après la section des récurrents, respirent plus vite qu'à l'état normal : la glotte n'a-t-elle pas naturellement des dimensions ainsi calculées, qu'elle livre passage au volume d'air indispensable pour convertir, dans un temps donné, une quantité déterminée de sang veineux en sang artériel ou nutritif? Dès lors, si, après cette opération, ces dimensions sont par exemple moitié moindres, il est clair que, pour établir une compensation, le nombre des inspirations devra devenir deux fois plus considérable.

Malgré la précipitation qu'occasionne, dans les mouvements respiratoires, la paralysie des récurrents, la vie peut-elle être encore de longue durée? Si nous éliminons tous les cas dans lesquels la glotte s'est immédiatement rétrécie, assez pour gêner en peu de temps l'hématose, nous dirons qu'en particulier les chiens

(*) Il ne saurait être question ici des tout jeunes animaux, chez lesquels la section des laryngés inférieurs entraîne une suffocation presque immédiate.

adultes ne sont point assez incommodés de la section des récurrents pour en périr. En effet, ceux que nous avons conservés, pendant cinq semaines, ont joui, durant ce laps de temps, d'une très bonne santé; après les avoir tués, nous avons trouvé leurs poumons parfaitement perméables et exempts de toute trace d'engouement.

De tout ce que nous venons de dire touchant l'influence variable des récurrents sur le degré d'ouverture de la glotte, il résulte que, pour apprécier les effets de la section des pneumogastriques sur les viscères de la poitrine en particulier, il faut bien connaître d'avance ceux de la section des récurrents eux-mêmes. Nous aurons occasion de revenir sur cette importante remarque.

Je crois encore devoir rappeler que, dans le but de déterminer, par la voie expérimentale, l'action des divers muscles propres au larynx, j'ai *électrisé isolément* chacune des divisions principales du nerf récurrent (1) : ici je me bornerai à démontrer, à l'aide de ce procédé mis en usage depuis par d'autres expérimentateurs, que la contraction de l'*aryténoïdien* est bien soumise aux nerfs laryngés inférieurs et non aux supérieurs; ce sera seulement une preuve de plus à ajouter à celles que j'ai déjà produites à l'appui de cette assertion.

Sur le larynx d'un bœuf, d'un cheval ou même d'un chien récemment tués, après avoir détaché rapidement de la plaque du cartilage cricoïde les muscles crico-aryténoïdiens postérieurs, je les renverse de dedans en dehors et mets à découvert les filets de chaque récurrent qui remontent vers le muscle aryténoïdien. Ces filets, je les unis en les croisant et leur applique le courant d'une pile assez faible; aussitôt le muscle aryténoïdien entre en action, et la glotte se rétrécit par le rapprochement des cartilages aryténoïdes. Au contraire, je l'ai dit plus haut, on n'observe pas le moindre frémissement dans ce muscle ou dans ces cartilages, en agissant de la même manière sur les rameaux laryngés supérieurs *internes*, qui par conséquent n'ont point, à nos yeux, le rôle qu'on leur attribuait généralement. — Répétons-le donc, les nerfs récurrents se distribuent à la fois aux agents *constricteurs* et *dilatateurs* de la glotte, et il est inexact de prétendre que l'occlusion de la glotte qui suit, dans certains cas, la section de ces nerfs, soit due aux muscles constricteurs qui conserveraient encore leur action (*).

b. — La *trachée*, les *bronches* et *leurs divisions* sont tapissées par une membrane muqueuse doublée, en dehors, par une couche de fibres contractiles qui sont visiblement musculaires chez les grands animaux (2). C'est le tronc mixte du nerf vague (huitième paire) qui préside à la sensibilité de l'une, à la contractilité de l'autre.

En effet : 1° après avoir versé quelques gouttes d'eau dans la trachée-artère d'un

(1) *Mém. cit.* (*Gazette méd. de Paris*, 1841).

(*) Quant à l'occlusion de la glotte qui accompagne la déglutition, le vomissement, les efforts, etc., je dirai plus tard, en étudiant la *branche interne* du spinal, quels sont ses véritables agents musculaires.

Pour les détails, voyez mon mémoire ayant pour titre : *Rech. expérim. sur les fonctions de l'épiglotte, et sur les agents de l'occlusion de la glotte dans la déglutition, le vomissement et la rumination* (*Arch. génér. de méd.*, 1841).

(2) Reisseisen, *Ueber den Bau der Lungen*. Berlin, 1822. — Eberhard, *De musculis bronchialibus*. Marburgi, 1817.

chien, ce qui provoque une toux plus ou moins convulsive, lui divise-t-on au cou les deux nerfs précédents, et même alors remplace-t-on l'eau par un acide concentré, l'animal ne tousse plus et ne manifeste aucune sensation douloureuse par suite de la cautérisation de sa muqueuse respiratoire ; — 2° chez le cheval et chez le bœuf, j'ai vu, à l'aide de la loupe, des divisions bronchiques assez fines se contracter sous l'influence de faibles courants électriques appliqués aux rameaux mêmes de la huitième paire (*), et mon observation a été confirmée par les expériences plus récentes de Volkmann (1).

— Outre la sensibilité générale dont nous venons de parler, la muqueuse respiratoire offrirait, selon quelques auteurs, d'autres modes de sensibilité plus directement liés à la respiration.

Suspendez votre respiration, et bientôt vous serez en proie à une vive anxiété due à la non-satisfaction d'un besoin impérieux ; l'introduction de l'air sera réclamée avec urgence, en vertu d'une sensation interne désignée sous le nom de *besoin de respirer ;* puis l'air, une fois introduit et devenu impropre à l'hématose, donnera lieu à une autre sensation interne qui sollicitera l'expulsion de ce même fluide (*besoin d'expirer*) : d'où il suit que chaque temps respiratoire est précédé d'une sensation particulière qui en commande impérieusement l'exécution.

Le nerf pneumogastrique ou vague a-t-il de l'influence sur ces sensations internes, comme sur la sensibilité générale de la muqueuse pulmonaire ? Rolando (2), Broussais (3), Brachet (4), Andrieu (5), F. Arnold (6), etc., admettent qu'elles sont *toutes* abolies, après la section de cette paire nerveuse. Mais, si le besoin de respirer ne se fait plus réellement sentir, pourquoi les mouvements de la respiration persistent-ils ? Brachet les rapporte à l'habitude contractée par le système nerveux de faire mouvoir les muscles respirateurs. Quoiqu'une pareille interprétation, d'ailleurs admise par Arnold, mérite à peine d'être combattue, je dirai néanmoins que, souvent, chez les animaux, en coupant la cinquième paire dans le crâne, j'ai supprimé, avec la sensibilité générale et spéciale de l'œil, la sensation du besoin de cligner, et qu'alors les mouvements de clignement qui, dans la théorie que j'examine, auraient dû encore se produire par l'effet de l'habitude, n'ont jamais été observés. Qu'on ne vienne pas objecter que les cas ne sont point assimilables. Leur analogie est plus grande qu'on ne le suppose : car, si les deux sortes de mouvements dont il s'agit, de respiration et de clignement, sont modifiables dans leur rhythme par la volonté, ils ne peuvent être suspendus, au delà d'un terme très court, par la seule intervention directe de cette force ; aussi ces mouvements appartiennent-ils à la classe de ceux qu'on nomme *semi-volontaires*, et que l'on fait en partie dépendre du *pouvoir réflexe* ou excito-moteur de l'axe cérébro-spinal.

Marshall-Hall (7) pense qu'après qu'on a divisé la paire vague, la respiration,

(*) KRIMER (*Untersuchungen über die nächsten Ursachen des Hustens*, p. 942) et WEDEMEYER (*Untersuch. über den Kreislauf*, p. 70) ont vu les fibres contractiles des bronches réagir sous l'influence *immédiate* des irritants mécaniques ou électriques ; mais, ayant expérimenté sur des animaux d'une taille médiocre (chiens ou cabiais), ils n'avaient pas songé à appliquer, comme nous l'avons fait, ces irritants aux divisions mêmes du nerf vague.

(1) *Nervenphysiologie* in R. WAGNER'S *Handwörterb. der Physiol.*, t. II, 1845.

(2) Extrait dans *Arch. génér. de méd.*, t. V.

(3) *Journ. univ. des sc. médic.*, t. XII, et *Traité de physiol. pathol.*, t. II.

(4) *Rech. expériment. sur les fonct. du syst. nerv. gangl.*, 2e édit. 1837, art. RESPIRATION.

(5) *Thèse inaug.*, 1837, 2e série, n° 7, t. LIII. Strasbourg.

(6) Dans *Arch. génér. de méd.*, août 1840, p. 346.

(7) *Annales des sc. nat.*, 2e série, t. VII, *Zool.*, 1837, p. 361.

devenue exclusivement volontaire, s'entretient par l'action des lobes cérébraux; ce qui revient à dire que l'animal respire encore parce qu'il *veut* respirer. Après l'ablation des lobes cérébraux, la paire vague demeurant intacte, la respiration continuerait, non plus comme acte volontaire, mais comme dépendante du *système excito-moteur* par l'entremise de cette paire nerveuse. Vient-on à supprimer à la fois le concours des lobes cérébraux et des deux pneumogastriques, les mouvements respiratoires cesseraient, selon Marshall-Hall, parce qu'ils ne sauraient plus se produire ni sous l'influence volontaire, ni sous l'influence excito-motrice. — A cette théorie, je n'ai qu'un mot à répondre, c'est que j'ai vu *constamment* la respiration persister en l'absence simultanée des lobes cérébraux et des nerfs pneumogastriques.

Si, après la section des deux pneumogastriques, les mouvements respiratoires ne sont point arrêtés, c'est, selon nous, parce que le besoin de respirer est loin d'être aboli : du reste, notre sentiment ne manquera point d'être partagé par quiconque aura été témoin attentif de l'état de malaise, d'anxiété et d'angoisse auquel sont en proie les animaux dont les nerfs vagues viennent d'être excisés; il est clair que les efforts qu'ils exécutent pour faire entrer le plus d'air possible dans leurs poumons ne peuvent s'expliquer qu'en admettant une cause impulsive interne que nous ne supposons point être la volonté, mais bien le besoin persistant d'inspiration.

J. Reid (1) pense aussi que « la sensation d'anxiété que produit le besoin d'un nouvel air pour les poumons n'est point anéantie. » Burdach (2) et d'autres physiologistes émettent la même opinion.

A la vérité, depuis Valsalva (3), beaucoup d'expérimentateurs, au nombre desquels je citerai surtout Dumas (4), de Blainville (5), Dupuy (6), Broughton (7), Mayer (8), ont observé, après avoir divisé les nerfs vagues, *la diminution du nombre des inspirations;* nous-même, en la constatant bien des fois sur des lapins et principalement sur des chiens, avons noté que le nombre des inspirations baissait d'autant plus que, pour eux, la mort était plus proche. Toutefois, comme le chiffre des mouvements inspiratoires diminue peu d'instants après l'opération, il n'est pas possible de rapporter, au moins d'abord, la cause de ce remarquable phénomène à l'affaiblissement des animaux.

Pour s'expliquer comment, d'une part, après la section des pneumogastriques, les mouvements respiratoires sont conservés, et comment, de l'autre, ils sont néanmoins devenus plus rares, ne pourrait-on pas, tout en reconnaissant la persistance du besoin de respirer, en placer le siége et la condition essentielle, non à la surface muqueuse pulmonaire, mais dans les centres nerveux, et admettre, en même temps, que ce besoin doit devenir plus actif, plus impérieux, sous l'influence d'impressions qui, partant de la muqueuse respiratoire, sont transmises à ces centres par les pneumogastriques? Si donc on interrompt cette paire nerveuse dans son trajet, l'impression excitatrice de l'air n'étant plus perçue, le besoin d'inspirer

(1) *Gazette médicale*, 1838.
(2) Tome IX de sa *Physiol.*, trad. de Jourdan, art. RESPIRATION.
(3) 13e lettre, *Anatom. de Morgagni*, art. 30, édit. des *Œuvres* de Valsalva.
(4) *Biblioth. médic.*, 1809, t. XXIV, p. 3.
(5) *Dissert. inaug.*, 1808, n° 114.
(6) *Journ. génér. de médec.*, t. XXXVII et t. LXXI.
(7) *Journ. de physiol. expériment.*, t. I, p. 120.
(8) *Journ. compl. du Dictionn. des sc. méd.*, t. XXVI (1826), p. 110.

pourra s'amoindrir, et, par conséquent, exigera des mouvements d'inspiration moins souvent répétés.

Quant à l'hypothèse, dans laquelle le nerf grand sympathique est aussi regardé comme propre à transmettre à un centre perceptif l'impression de l'air sur la muqueuse des poumons, et comme apte, par cette raison même, à exciter le besoin respiratoire, quoique aucune preuve expérimentale ou autre ne la confirme, on n'est peut-être pas suffisamment autorisé à la rejeter d'une manière absolue.

Mais, nous l'avons dit, il est une portion circonscrite de l'axe cérébro-spinal, dont la destruction annule sur-le-champ toutes les puissances respiratrices : cette portion, que nous avons trouvée à la hauteur du bulbe rachidien, ne peut-elle pas, à bon droit, être considérée comme le siége du besoin de respirer, et le point central vers lequel convergent les impressions faites à la muqueuse pulmonaire ? Pour annihiler ce besoin, de la satisfaction duquel dépend la vie, on conçoit donc qu'il ne faudrait pas seulement, comme le supposent à tort quelques auteurs, couper les nerfs vagues, mais qu'il faudrait détruire le bulbe rachidien lui-même.

— Les nerfs vagues semblent n'exercer qu'une action très indirecte sur l'*hématose*. Si, après leur section, cet acte essentiel se trouble de plus en plus, au point même de cesser entièrement, il faut en chercher la cause dans les altérations graves et croissantes qui se développent dans les appareils respiratoire et circulatoire, et non dans la suppression d'une influence nerveuse immédiate. — Le défaut d'un entier renouvellement d'air respirable, par suite de la paralysie de la couche musculeuse des bronches, doit aussi être pris en sérieuse considération.

C'est ici surtout qu'il est de la plus haute importance de rappeler le mode d'agir des nerfs récurrents sur la glotte ; car, en n'en tenant pas compte, on ne manquerait point d'arriver à des inductions différentes sur le rôle des pneumogastriques dans l'hématose. En effet, coupez-les pour rechercher leur action sur elle, et négligez le rétrécissement de la glotte dû à la paralysie des récurrents : parce que le sang, au lieu de jaillir rouge et rutilant par l'ouverture béante d'une artère, en sortira foncé et presque noir, vous en déduirez l'intervention nécessaire et directe des pneumogastriques dans la révivification du sang veineux ; tandis que d'autres expérimentateurs, qui auront d'abord neutralisé les fâcheux effets de la section des récurrents en pratiquant la trachéotomie, émettront une opinion opposée à la vôtre. Les assertions de Dupuytren (1), qui, dans ses expériences, ne fit point cette opération préalable, furent combattues par Dumas (de Montpellier), et surtout par Legallois, qui démontrèrent que, dans les cas observés par l'illustre chirurgien, le trouble immédiat de l'hématose avait dépendu de l'introduction d'une quantité d'air insuffisante dans les voies respiratoires, *rétrécies au niveau du larynx*. Cette dernière remarque appartient exclusivement à Legallois ; car Dumas n'avait aucunement déterminé le siége et la nature de l'obstacle qui alors s'oppose au libre accès de l'air dans le tissu des poumons.

Ce libre accès étant ménagé, il est incontestable qu'après la section des pneumogastriques, le sang veineux continue, pendant un certain temps, à acquérir la *coloration du sang artériel* ; que l'air est d'abord vicié, comme avant l'opération ; que l'oxygène est encore absorbé et l'acide carbonique exhalé, etc. Toutefois ces

(1) *Expér. touchant l'influence que les nerfs pneumogastriques exercent sur la respiration* (*Biblioth. méd.*, 1807, t. XVII, p. 1).

faits ne sauraient autoriser à conclure *avec certitude* que la sanguification artérielle puisse s'effectuer, d'une manière complète, sans le concours du système nerveux ; car, en admettant qu'un pareil résultat pût avoir lieu en l'absence des pneumogastriques, il existerait toujours l'influence possible du grand sympathique, qui, à cause de la disposition même de ce nerf, ne peut être directement constatée.

Valentin (1) s'est récemment occupé de rechercher quels troubles surviennent dans les phénomènes physico-chimiques de la respiration, après la résection des nerfs pneumogastriques. Que ce savant observateur eut d'abord *trachéotomisé* ou non les animaux (lapins), il est arrivé à cette conclusion : La quantité d'oxygène absorbé, et surtout la quantité d'azote et aussi de vapeur d'eau exhalée, sont plus considérables qu'à l'état normal, tandis que l'exhalation d'acide carbonique est généralement moindre. Du reste, d'après Valentin, ces changements ne dépendent pas *directement* de la suppression de l'influence des nerfs pneumogastriques sur les poumons ; ils doivent être rapportés au trouble du rhythme respiratoire qu'occasionne toujours la section de cette paire nerveuse.

— Beaucoup d'observateurs, ayant eu occasion de couper les nerfs pneumogastriques, ont reconnu, après la mort, la présence d'un épanchement écumeux dans les bronches et d'un engorgement sanguin du tissu pulmonaire (*).

De plus, j'ai vu constamment (2), et d'autres expérimentateurs ont confirmé mes observations, l'*emphysème pulmonaire* se joindre aux précédentes altérations, ou même parfois se manifester isolément, soit dans un seul poumon, l'autre étant engoué, soit dans les deux à la fois, et, dans ce dernier cas, la mort survenir par défaut d'hématose, comme si les organes pulmonaires eussent été généralement engorgés. J'ai dit plus haut comment je m'explique le développement de la lésion précédente et ses graves conséquences (voy. p. 647).

— Mayer, de Bonn (3), se fondant sur les résultats constants de ses autopsies, a été conduit à voir dans la *fluidité du sang* un produit de l'action des pneumogastriques, et il a attribué à l'abolition de l'influence de ces nerfs le développement des coagulums qu'il a trouvés dans les vaisseaux pulmonaires : d'autres physiologistes ont prétendu que la coagulation du sang dans ces vaisseaux ou dans les cavités du cœur était un simple effet cadavérique.

Afin d'avoir une opinion arrêtée à ce sujet, je procédai comme il suit : au lieu d'attendre, comme les autres expérimentateurs, la mort des animaux (chiens) auxquels j'avais coupé cette paire de nerfs, je les tuai à différentes époques pour examiner immédiatement l'état du sang dans les poumons et le cœur. Au bout de

(1) *Die Einflüsse der Vaguslähmung*. Francfort-sur-le-Mein, 1857.

(*) Pour la description détaillée de ces altérations et leur mode de développement, voyez mon *Traité d'anat. et de physiol. du syst. nerv.*, t. II, p. 299 et suiv. Paris, 1842.

D'après ses expériences, TRAUBE (*Beiträge zur experim. Physiol. und Pathol.*, Heft I, Berlin, 1846) soutient que les altérations de l'appareil respiratoire qui succèdent à la section de la paire vague sont dues exclusivement à l'introduction, dans cet appareil, de la salive et des mucosités du pharynx, ou encore de parcelles alimentaires. MENDELSSOHN (*Der Mechanismus der Respirat. und Circulat.*, etc., Berlin, 1845) affirme que ces altérations reconnaissent pour cause première le resserrement de la glotte, qui s'oppose au libre accès de l'air dans les poumons. Ces deux assertions nous paraissent également inexactes. — SCHIFF (*Tubing. Archiv*, 1847 et 1850) s'est appliqué à réfuter les opinions des précédents observateurs.

(2) LONGET, *Note sur une nouvelle cause d'emphysème pulmonaire*, dans *Comptes rendus de l'Acad. des sc. de Paris*, 1842.

(3) *Mém. cit.*

vingt heures, quand il n'y avait point d'engouement pulmonaire ni d'emphysème, j'ai toujours trouvé le sang très fluide. Après trente-six heures, quelques caillots noirs, très mous, peu volumineux, ayant la consistance de la gelée de groseille un peu fluente, ont été rencontrés dans les oreillettes, les ventricules du cœur, l'artère pulmonaire et l'aorte à leur origine; l'engorgement des poumons ou leur emphysème était alors manifeste dans certains points. Vers le troisième et surtout le quatrième jour, ces dernières lésions étant portées au plus haut degré, j'ai trouvé parfois des caillots assez solides, décolorés, jaunâtres, insinués entre les colonnes charnues des ventricules et des oreillettes; il y en avait quelques-uns dans les artères et les veines pulmonaires jusque dans leurs ramifications. Schiff (1) a répété les mêmes observations sur des chiens. Il est donc démontré, pour nous, que ces concrétions sanguines, déjà mentionnées par Willis (2), Lower (3), Baglivi (4), Valsalva (5) et Emmert (6), peuvent se produire *antérieurement à la mort des animaux.* — Dès lors ne semble-t-il pas rationnel d'admettre qu'elles doivent concourir à la déterminer, en s'associant à d'autres causes? Reconnaissons toutefois, puisque nous avons vu des cas où la mort était survenue sans ces caillots, qu'on ne saurait les considérer, avec Mayer, comme la produisant d'une manière exclusive et constante.

3° — Pour terminer ce qui se rapporte à l'influence capitale que le système nerveux exerce sur les phénomènes mécaniques de la respiration, il nous reste à faire connaître l'origine et le rôle des nerfs desquels dépendent les mouvements respiratoires qu'on observe aux *épaules*, dans les *parois thoraciques*, et aussi dans les *parois abdominales* dont fait partie le diaphragme.

Déjà nous avons vu comment, en coupant la moelle épinière à diverses hauteurs, on peut à volonté paralyser successivement tel ou tel rouage de l'appareil respiratoire, et nous avons appris à distinguer les paires nerveuses en rapport avec différents muscles inspirateurs ou expirateurs du tronc. Aussi n'aurons-nous que peu de détails à ajouter à ce que nous avons dit, par exemple, des nerfs intercostaux, du nerf respiratoire externe (Ch. Bell) et de la première branche antérieure lombaire. En ce moment, notre but est d'appeler plus spécialement l'attention sur le *nerf diaphragmatique* ou *phrénique* et sur la *branche externe du nerf spinal*, c'est-à-dire sur les relations du système nerveux avec les mouvements que la respiration détermine ordinairement dans le *diaphragme* et accidentellement dans les épaules.

Toutefois rappelons, auparavant, que les puissances musculaires de la respiration empruntent, en majeure partie, leurs nerfs à la moelle cervicale et à la partie supérieure de la moelle dorsale. En effet, la branche externe du *nerf spinal*, dont les racines s'implantent sur la moelle cervicale jusqu'à la cinquième paire du col ; le *plexus cervical*, qui résulte de l'anastomose des branches antérieures des quatre premiers nerfs cervicaux ; le *plexus brachial*, que forment les branches antérieures des quatre derniers nerfs cervicaux et une partie du premier nerf dorsal ; les douze

(1) Mémoire lu à la Société d'histoire naturelle de Francfort sur-le-Mein, en janvier 1847.
(2) *Cerebri anatom.*, etc. Amsterdam, 1664, p. 194 ; in-18.
(3) *Tractatus de corde*, 1708, p. 90 et seq.
(4) *Opera omnia*. Lugd., 1710. — *Dissert. de anat.*, nos 7 et 8, p. 676 et seq.
(5) *Epist.* 13 *cit.*
(6) Reil's *Archiv für Physiol.*, t. IX et XI.

nerfs intercostaux ou branches antérieures des nerfs dorsaux; enfin la branche *iléo-scrotale* ou *grande abdominale* du premier nerf lombaire, telles sont les diverses sources desquelles proviennent les rameaux nerveux qui animent les muscles inspirateurs et expirateurs du tronc.

Ainsi, parmi les muscles inspirateurs, les sterno-cléido-mastoïdien et trapèze sont animés à la fois par la branche externe du spinal et par divers rameaux du plexus cervical; le diaphragme, par le phrénique provenant des troisième, quatrième, cinquième et quelquefois sixième nerfs cervicaux; le grand dentelé, par le nerf respiratoire externe du tronc (Ch. Bell) qui vient des cinquième et sixième paires cervicales. Quant aux scalènes, au sous-clavier, à l'angulaire de l'omoplate, au rhomboïde, au grand dorsal, au grand pectoral, au petit pectoral, qui agissent aussi dans l'inspiration et dont plusieurs reçoivent des filets du plexus cervical, leurs nerfs principaux leur sont surtout envoyés par le plexus brachial. Ce sont les nerfs intercostaux qui se distribuent aux muscles intercostaux externes, à la portion sternale des intercostaux internes, aux surcostaux et aux petits dentelés postérieurs supérieurs, en général réputés aussi muscles inspirateurs.

Parmi les muscles qui concourent à l'expiration, nous voyons les intercostaux internes dans toute la portion osseuse des côtes, les sous-costaux, le triangulaire du sternum, les muscles obliques et transverses de l'abdomen être animés par les nerfs intercostaux et le plexus lombaire. Les sept premiers de ces nerfs se rendent aux muscles expirateurs du thorax qui viennent d'être mentionnés, tandis que les cinq autres se divisent à la fois dans plusieurs de ces muscles et dans ceux de la paroi abdominale antérieure dont font partie les muscles obliques et transverses. La branche antérieure du premier nerf lombaire complète la distribution nerveuse à ces derniers muscles, qui forment à l'abdomen une paroi contractile dont le triple usage consiste à abaisser les côtes, à les tirer en dedans, et à refouler, vers le diaphragme, les viscères abdominaux que ce muscle membraneux avait déprimés et portés en avant lors de l'inspiration.

Il nous faut enfin mentionner encore les muscles *sus-hyoïdiens* (comme génio-hyoïdien, mylo-hyoïdien, ventre antérieur du digastrique), qui, animés par l'hypoglosse et par la racine motrice du trijumeau, abaissent la mâchoire inférieure dans les grandes inspirations, dans le bâillement, etc.; puis aussi les muscles *scapulo-hyoïdien*, *sterno-thyroïdien* et *sterno-hyoïdien*, qui, recevant leurs nerfs de l'anastomose de l'hypoglosse avec la branche descendante interne du plexus cervical, concertent leurs contractions avec celles des muscles précédents, de manière à faire concorder la fixation de l'os hyoïde et l'abaissement du larynx avec l'abaissement de la mâchoire inférieure. C'est ce qui a lieu dans le bâillement, dans les inspirations difficiles, où en même temps on voit se soulever le thorax et les épaules. Pendant l'agonie, les mouvements alternatifs de va-et-vient ou d'élévation et d'abaissement du larynx nous ont surtout paru des plus manifestes.

a. — Le *diaphragme*, muscle essentiellement inspirateur, est animé, avons-nous dit, par le *nerf phrénique*, branche du plexus cervical. Il importe ici, quand on veut étudier les effets de la résection ou de la ligature de ce nerf, de se rappeler la multiplicité des rameaux d'origine et des anastomoses. Le phrénique ne provient pas seulement du plexus cervical, notamment de la troisième et de la quatrième paire cervicale; il est encore renforcé, au cou, par la cinquième et quelquefois par

la sixième ou bien aussi par des filets venus de l'anse de l'hypoglosse (Haller) (1), du nerf spinal (Blandin) (2), et enfin, un peu plus bas, de la première paire dorsale et du grand sympathique. Au niveau du diaphragme, des rameaux du phrénique concourent à la formation du plexus diaphragmatique en s'anastomosant avec les divisions du grand sympathique qui accompagnent l'artère diaphragmatique inférieure ; d'autres se rendent à la concavité des ganglions semi-lunaires. Il n'est pas rare non plus de rencontrer un ou plusieurs filets transversaux qui établissent une communication entre les deux nerfs phréniques à leur partie inférieure.

Ajoutons que les deux dernières branches antérieures dorsales et la première lombaire envoient directement des filets nerveux au diaphragme, qui paraît en recevoir aussi quelques-uns des pneumogastriques et du plexus épigastrique.

Comme je l'ai rappelé ailleurs, en étudiant les usages du nerf pneumogastrique, j'ai eu occasion de démontrer que les moyens d'innervation, propres à entretenir une fonction, se multiplient en raison de son importance physiologique. La fonction respiratrice est des plus essentielles à la conservation de la vie ; aussi des artifices de toutes sortes étaient-ils nécessaires pour en assurer l'intégrité, et multiplier la distribution des fibres nerveuses dans les organes chargés de son accomplissement. Or, dans le mécanisme respiratoire, le diaphragme figure parmi les puissances musculaires les plus importantes, et nous trouvons en effet, dans la multiplicité des sources d'innervation de ce muscle, la confirmation de notre manière de voir.

Pourtant, toujours est-il que le principal et le véritable nerf moteur du diaphragme est bien le *phrénique ;* car la section ou la ligature de ce nerf, à la partie inférieure du cou, apporte ici manifestement les changements les plus notables dans le rhythme respiratoire, malgré les quelques filets anastomotiques qui n'ont pu être atteints. C'est ce que nous avons pu reconnaître après cette opération suivie de dissections attentives. Mais alors il nous a semblé parfois, comme à d'autres expérimentateurs, et notamment à Krimer (3), que le diaphragme n'était pas absolument privé de mouvement, ce qui pouvait s'expliquer à la fois par des anastomoses cervicales plus importantes ou plus nombreuses et par la transmission d'un reste d'influx nerveux à l'aide des filets venus directement des deux derniers nerfs dorsaux et du premier lombaire.

Les modifications du rhythme respiratoire qui résultent de la paralysie des nerfs phréniques deviennent surtout manifestes quand, par un moyen quelconque, on active les mouvements respiratoires des animaux. Le diaphragme ne se contractant plus, lors de l'inspiration, de manière à déprimer et à porter en avant les viscères abdominaux, tout en augmentant le diamètre longitudinal de la poitrine, il en résulte qu'au lieu de voir, comme dans l'état normal, le ventre se gonfler à chaque mouvement inspiratoire, au contraire on le voit s'affaisser par suite du vide virtuel qui se fait alors dans la poitrine, et de la pression atmosphérique qui refoule la paroi abdominale antérieure et les viscères abdominaux vers cette cavité.

Du reste, ce trouble dans les phénomènes les plus apparents de la respiration n'avait point échappé aux divers expérimentateurs qui, d'accord sur les effets de la section du nerf phrénique, ont seulement varié dans leur interprétation (*).

(1) *Elementa physiologiæ*, t. III, p. 89.
(2) *Anat. descript.*, t. II, p. 658.
(3) *Untersuch. über die nächsten Ursachen des Hustens*, p. 39. Leipzig, 1819.
(*) Consultez : GALIEN, *De anat. administr.*, lib. VIII, cap. 8. — RICH. LOWER, *Philos. Transact.*, t. II, p. 544, année 1667, et *Biblioth. anatom.* de HALLER, t. I, p. 558. — HALLER,

b. — Les muscles *sterno-cléido-mastoïdien* et *trapèze*, qui, dans la respiratio laborieuse, sont réputés aider à la dilatation du thorax, reçoivent à la fois de rameaux du plexus cervical et d'autres qui proviennent de la *branche externe d spinal*.

Ch. Bell (1) est le premier physiologiste qui se soit sérieusement appliqué déterminer les usages de la branche externe du spinal, qui, suivant lui, se rap portent à l'accomplissement de certains actes annexés à la respiration, comme cri, l'effort, la toux, l'éternument, etc. « Les nerfs intercostaux, dit-il, peuven suffire à la respiration pour ce qui regarde l'office des poumons; mais ils ne pour raient exécuter les fonctions *surajoutées* à l'appareil respiratoire.... Ils ne peuven suffire, par exemple, pour dilater complétement la poitrine dans le cas où l'*actio de la voix est animée*.... Il y a des muscles du tronc qui aident les muscles respi ratoires ordinaires; ce sont ceux qui sont les plus propres à élever la poitrine, e qu'on voit forcément influencés dans l'inspiration profonde, que l'action soit volon taire comme dans la parole, ou involontaire comme dans les derniers efforts de l vie.... Le sterno-mastoïdien élève ou hausse la poitrine, et son action est très évi dente dans tous les états où la respiration est accélérée, surtout pendant le chant la toux et l'éternument; le trapèze, le grand dentelé et le diaphragme concouren au même but. »

Puis, dans le but de démontrer que les nerfs rachidiens ordinaires ont une in fluence bien distincte de celle de la branche externe du spinal, en particulier Ch. Bell cite le fait suivant: si l'on veut faire soulever les épaules à un homme don un côté est complétement paralysé des mouvements volontaires, il ne peut élever malgré tous ses efforts, que celle du côté sain; tandis que le malade n'a qu'à fair une grande inspiration pour qu'immédiatement les deux épaules s'élèvent en même temps. « Puisque, dit ce physiologiste, les muscles trapèze et sterno-cléido-mastoïdien reçoivent deux sortes de nerfs, dont les uns appartiennent aux *nerf volontaires*, et les autres aux *nerfs respiratoires* (N. spinal), ne sommes-nous pa autorisés à conclure que, lorsqu'on meut la tête, comme cet acte appartient stric tement à la volonté, il est exécuté par l'influence du système régulier des nerf volontaires; que, quand la poitrine est élevée, c'est par un acte de la respiration résultant de l'influence des nerfs qui font agir les muscles respiratoires? » Cette conclusion lui paraît confirmée par l'expérience suivante: « Si, chez un âne, on met à découvert le *nerf respiratoire supérieur* (branche externe du spinal), e que l'on fasse ensuite accélérer la respiration de manière à faire entrer dans une action violente les muscles sterno-mastoïdien et trapèze, en même temps que les autres muscles de la respiration, et si, dans ce moment, on fait la section du nerf, le mouvement respiratoire des premiers muscles cesse, et ceux-ci restent dans le relâchement jusqu'à ce que l'animal les mette en mouvement comme muscles volontaires. »

Les résultats de cette expérience sont contredits par ceux que Th. Bischoff (2),

Elementa physiologiæ, t. III, p. 92, où il est question des expériences de SWAMMERDAM, CALDANI, ZINN, ZIMMERMANN, LECAT, etc. — ASTLEY COOPER, *Recherch. expérim. sur la ligat. des artères carotides et vertébrales et des nerfs pneumogastriques*, phrénique *et grand sympathique*, dans *Gaz. méd. de Paris*, p. 100, année 1838.

(1) *Mémoire sur les nerfs qui associent les muscles de la poitrine dans les actions de la respiration, de la parole et de l'expression* (inséré dans *Expos. du syst. nat. des nerfs*, trad. franç. de J. Genest, p. 108 et suiv.).

(2) *Nervi accessorii Willisii anat. et physiol.* Heidelberg, 1832.

Cl. Bernard (1) et moi-même avons obtenus ; car, après la section des nerfs spinaux vers l'espace occipito-atloïdien, la contraction des sterno-mastoïdiens était encore assez manifeste toutes les fois qu'on gênait la respiration en comprimant modérément les narines ou la trachée. Mais mes observations diffèrent de celles de ce dernier expérimentateur en ce que, malgré la destruction complète de *tous les filets originels inférieurs des spinaux*, j'ai vu encore les sterno-mastoïdiens, mis à découvert, se contracter d'une manière sensible quand les animaux poussaient des cris (*) : pour cette raison et d'autres encore qui seront développées plus loin, je ne saurais donc admettre sa théorie des fonctions du spinal (qu'il propose d'appeler *nerf antagoniste de la respiration*), pas plus pour la *branche externe* que je ne l'ai admise pour la *branche interne* (2).

Dans cette théorie, en partie basée sur un des principes du système de Ch. Bell, les agents actifs de la respiration (muscles du larynx, certains muscles du thorax) reçoivent deux ordres d'influence nerveuse motrice. Dans l'état de *respiration simple*, l'influence du spinal sur eux est nulle, et c'est le *pneumogastrique* qui est supposé présider alors à l'action des muscles laryngiens en particulier ; le *nerf spinal* n'excite des mouvements qu'en vue des actes de la vie extérieure, et c'est lui qui préside à tous les changements qui surviennent dans la motilité du thorax et du larynx, lors de la *respiration complexe*, tels que l'effort, la voix. Ce nerf, au lieu de favoriser la respiration, est considéré comme propre à arrêter ou à modifier cette fonction, lorsque le thorax et le larynx doivent produire l'effort, la phonation, etc. Quant au sterno-mastoïdien et au trapèze, ils sont réputés être entièrement paralysés, *pour ces actes volontaires*, après la destruction du spinal.

Or, il n'en a pas été ainsi dans mes expériences : seulement l'énergie de leur contraction a paru être sensiblement diminuée aussitôt après l'opération, ce qui devait nécessairement résulter de la soustraction d'une grande partie du principe nerveux animant ces muscles. Et comme *la première condition de tout effort* un peu intense *est une profonde inspiration*, si, après la destruction du spinal, l'effort n'est plus possible, ce n'est point (comme on le suppose dans la théorie que nous examinons), parce que les sterno-mastoïdien et trapèze paralysés ne peuvent plus *arrêter la respiration*, mais parce que, suivant nous, leur manque de concours suffisant empêche toute profonde inspiration ou ampliation thoracique sans laquelle le thorax ne saurait plus servir de point fixe dans l'effort. Essayez, en effet, de produire un effort violent aussitôt après une expiration ou même après une inspiration faible, et vous constaterez sur vous-même l'impossibilité d'accomplir un pareil acte avec toute l'énergie qu'il réclame.

J'ai dit, plus haut, que les moyens d'innervation, propres à entretenir une fonction, se multipliaient en raison de son importance physiologique, et que la fonction respiratrice étant des plus essentielles à la conservation de la vie, des artifices de toutes sortes étaient nécessaires pour en assurer l'intégrité, et multiplier la distribution des fibres nerveuses dans les organes chargés de son accomplissement. Dans mon opinion, les nerfs importants (au nombre desquels figure le spinal)

(1) *Rech. expér. sur les fonct. du nerf spinal, etc.* (*Arch. gén. de méd.*, 1844).

(*) On sait que le spinal préside à la phonation spécialement par sa portion bulbaire (*branche interne*), qui seule mérite le nom de *nerf vocal* : aussi sa portion cervicale (*branche externe*) étant détruite, les animaux peuvent-ils encore proférer des cris.

(2) Voir le chapitre consacré aux *fonctions du nerf pneumogastrique* dans le tome II de mon *Traité de physiologie*.

que Ch. Bell nomme *nerfs respiratoires additionnels* ou *auxiliaires*, représenter un de ces nombreux artifices ; seulement je ne crois pas ces nerfs appelés, comme le veut le physiologiste anglais, à transmettre une influence motrice spéciale et autre que celle des nerfs rachidiens ordinaires qui agissent dans la respiration, mais bien à seconder ces derniers et même à les suppléer dans certaines limites. Je suis loin de regarder aussi comme un fait démontré que la branche externe du spinal soit étrangère aux mouvements volontaires de la tête, et que la contraction des muscles sterno-mastoïdiens et trapèzes, propre à produire ces sortes de mouvements, soit sous la dépendance exclusive des rameaux du plexus cervical. Considérant la force nerveuse motrice comme partout identique, je crois qu'elle peut se répartir, dans les muscles, indistinctement à l'aide de toutes les ramifications des nerfs moteurs qui s'y rendent. Parce que tel muscle se contractera successivement tantôt avec un groupe musculaire pour accomplir un mouvement déterminé, tantôt avec un autre pour produire un mouvement différent, ce n'est pas une raison pour nécessiter deux ordres d'influence nerveuse motrice, quoique d'ailleurs deux nerfs d'origine différente ou un plus grand nombre puissent se rencontrer dans ce muscle : le concours de ces derniers ne me paraît avoir d'autre but que de mieux assurer l'exécution des divers mouvements auxquels un pareil muscle participe. *Tout dépend ici de la première impulsion partie du centre nerveux de coordination :* celui-ci commande tel ou tel mouvement, et aussitôt se contractent simultanément tous les agents musculaires chargés de l'exécuter. Du reste, que les muscles concourant à un même but soient animés par le même tronc nerveux ou bien par des nerfs multiples à origines fort distantes, la coordination motrice ne paraît pas moins précise dans un cas que dans l'autre.

Quand, après l'excision de la branche externe du nerf spinal, on force les animaux à courir ou à faire un effort quelconque, on remarque qu'ils sont vite essoufflés. La dilatation et l'élévation de la poitrine, si importantes dans ces cas, n'étant plus guère influencées que par les muscles inspirateurs ordinaires, ont lieu incomplétement, par suite de la semi-paralysie des muscles sterno-cléido-mastoïdiens et trapèzes ; aussi les animaux font-ils des inspirations répétées, mais vaines, dans le but de dilater suffisamment leur poitrine, dilatation préalable sans laquelle tout effort est absolument impossible.

Enfin, après la destruction de la branche externe du nerf spinal, on observe également une irrégularité dans la démarche de certains animaux (du cheval notamment), irrégularité provenant de la suppression d'un rapport préétabli entre les mouvements du thorax et ceux du membre antérieur.

DU SANG.

Le *sang* emprunte aux voies digestives des substances déjà élaborées, et au milieu ambiant, de l'*oxygène*, agent nécessaire de toutes les réactions physico-chimiques de l'économie. En même temps il reçoit les produits ultimes des métamorphoses de la nutrition, qui doivent être rejetés au dehors : les liquides sont charriés vers les divers émonctoires de l'organisme, les gaz s'échappent par les surfaces respiratoires. — Ainsi le sang, avec sa constitution complexe, représente un fluide à la fois réparateur et épurateur, sans cesse renouvelé d'un côté à mesure qu'il est détruit de l'autre ; c'est le milieu dans lequel s'accomplissent tous les phénomènes essentiels de la nutrition.

Précédemment, en traçant l'histoire de la respiration, nous avons dû, à propos de l'échange de gaz qui s'opère durant le contact médiat de l'*air* et du *sang*, étudier la constitution normale de ces deux fluides : la *composition chimique du sang* nous est déjà connue (*).

Dans cette dernière étude, après le dénombrement des matières ou des éléments signalés jusqu'à ce jour par les chimistes, nous avons essayé de remplir une tâche difficile : celle de grouper des substances aussi nombreuses, d'après leur nature, leurs analogies, leur origine et leur destination, en nous appliquant surtout à distinguer les parties réellement constituantes du sang de celles qui ne sont qu'accessoires.

Nous avons également fait connaître (p. 493) les *gaz contenus dans le sang*, et exposé les *caractères différentiels du sang veineux* et du *sang artériel* (p. 496).

En étudiant l'action de la respiration sur le sang, nous avons examiné le *changement de coloration* que la respiration détermine dans ce liquide, et tâché de pénétrer le mécanisme de ce changement (p. 580 et suiv.). C'est surtout en traitant de la *nutrition* qu'il y aura lieu de s'occuper d'autres modifications que subit le sang, dans les divers points du trajet circulatoire, par suite de l'action prolongée de l'oxygène.

Enfin, dans notre précédente analyse des théories physico-chimiques des phénomènes respiratoires, a été signalé le *rôle des principaux éléments du sang dans l'absorption ou le dégagement des gaz de la respiration* (**).

Pour compléter l'histoire du sang, il reste à exposer les notions que la science possède sur la constitution physique, sur les caractères physiologiques de cet im-

(*) Voir plus haut, p. 481 et suiv.

(**) *Ibid.*, p. 592.

portant fluide, puis à aborder l'examen de différentes questions intimement liées à une pareille étude.

Lorsque, chez un *animal vertébré*, on ouvre une veine ou une artère, il s'en écoule du *sang*, c'est-à-dire un liquide d'une couleur rouge brun ou rouge vermeil, d'une odeur caractéristique et différente suivant l'espèce animale, d'une saveur salée, un peu nauséeuse, et d'une réaction toujours alcaline.

On peut, dans l'état de vie, considérer le sang comme formé d'une portion fluide, le *plasma* (*liqueur du sang*), et d'une portion solide, elle-même composée d'une multitude de petits corps qui, nageant dans ce plasma, sont entraînés avec lui dans le torrent circulatoire.

Quant à la partie liquide du sang vivant, ou *plasma*, ici bornons-nous à rappeler qu'à l'aide de l'eau, elle tient en dissolution, ou bien en suspension, de nombreux éléments qui nous sont déjà connus, tels que : des substances albuminoïdes, grasses et sucrées ; — des matières extractives ; — de l'urée ; — des acides organiques en combinaison avec la soude ; — des gaz ; — de la soude libre : — puis enfin des sels minéraux, la plupart essentiels à l'organisme et communiquant au sang des propriétés chimiques et organoleptiques particulières. (Voir plus haut, p. 483 et suiv.)

C'est de la partie solide du sang, c'est-à-dire de ses corpuscules microscopiques ou *globules*, que nous allons nous occuper tout d'abord.

I. — Les observations faites par Swammerdam (1), en 1658, sur les corpuscules du sang de grenouille, paraissent être le premier essai de l'*application du microscope* à l'étude de ce liquide. Le travail de Swammerdam n'était point encore publié, quand, en 1661, Malpighi (2) signala, dans le sang du hérisson, la présence de particules solides qu'il considéra comme formées de graisse. Douze ans après, Leeuwenhoek (3) fit paraître sur le même sujet des recherches plus précises et plus étendues qui marquent réellement une époque dans l'histoire physique du sang. Cet illustre observateur, portant à la fois ses investigations sur l'homme et sur beaucoup d'animaux, annonça que les innombrables corpuscules qu'on voit nager dans un fluide hyalin (le plasma) sont sphériques chez l'homme et les mammifères; aussi leur réserva-t-il le nom de *globules*. Ni leur forme ovalaire chez les oiseaux, les reptiles et les poissons, ni la présence d'un noyau intérieur, n'échappèrent à son examen. Ultérieurement, Sénac (4) établit que, chez les mammifères, les corpuscules du sang sont lenticulaires ou aplatis au lieu d'être sphériques, comme l'avait cru Leeuwenhoek. Un peu plus tard, Muys (5) fit cette remarque importante que l'eau pure finit par dissoudre les globules sanguins des mammifères, remarque antérieure aux travaux de Hewson (6). Enfin, vers 1770, ce dernier expérimentateur publia sur les propriétés physiques du sang des observations nouvelles et pleines d'intérêt : il reconnut l'existence d'un noyau et d'une enveloppe, étudia les effets de

(1) *De sanguinis circuitu in rana adulta* (*Bibl. natur.*, 1738, t. II, p. 835).

(2) *Exercitatio de omento et adiposis ductibus*. Bologne, 1661, in-12. — *Oper. omn.*, t. II, Leyde, 1687, in-4.

(3) *Philos. Transact.*, 1674, p. 23. — *Opera omnia, seu arcana naturæ detecta*, t. I, passim ; t. II, p. 87, 88, 161 ; t. IV, p. 213, 225, epist. 128. Leyde, 1719 à 1722.

(4) *Traité de la structure du cœur*, 2e édit. Paris, 1777, t. II, p. 276.

(5) *Musculorum artificiosa fabrica*. Leyde, 1751, p. 300.

(6) *Philos. Transact.*, 1770 et 1773. — *Experim. Inquiries*, etc., part. III. Londres, 1777.

la dessiccation, des acides, des alcalis, sur la forme, le diamètre et la structure des corpuscules sanguins ; il fit voir aussi que l'eau les rend sphériques d'aplatis qu'ils étaient; enfin Hewson insista sur la nécessité d'employer du sérum ou de l'eau légèrement salée pour la dilution de la gouttelette de sang qu'on soumet à l'observation.

Comme résultats propres aux observateurs de la fin du siècle dernier, nous rappellerons aussi que Spallanzani (1), un des premiers, a constaté qu'il existe chez les salamandres, outre les corpuscules rouges ou elliptiques, d'autres corpuscules qui sont sphériques et blancs, et auxquels il assigne une origine lymphatique. Leur présence fut également reconnue par Hewson (2), qui les assimila aux noyaux des globules rouges. Mais cette particularité semblait à peu près oubliée, quand, de nos jours, Wedemeyer, et surtout J. Müller (3), vinrent la rappeler à l'attention des investigateurs. Depuis lors, ces globules blancs furent rapportés au moins à deux espèces, et retrouvés non-seulement dans le sang des grenouilles et des salamandres, mais encore dans celui de tous les animaux à vertèbres.

L'*étude microscopique* du sang tient aujourd'hui une place considérable dans l'histoire de ce fluide : des observateurs modernes en ont fait l'objet de nombreux travaux, auxquels nous aurons à emprunter surtout les résultats offrant de l'intérêt comme applications à la physiologie.

Cette étude devra porter successivement sur les globules du sang chez les vertébrés et les invertébrés.

A. — *Globules du sang chez les vertébrés.* — Si l'on dépose une goutte de sang sur une lame de verre, et si, sur cette goutte, on applique une autre lame de verre très-mince, on voit bientôt le liquide glisser entre ces deux lames ; le microscope fait alors découvrir une quantité considérable de corpuscules ou globules, variables de couleur, de forme, de volume, et généralement divisés en *globules rouges*, *globules blancs* et *globulins*.

Globules rouges. — Les globules rouges du sang, incomparablement plus nombreux que les autres, constituent les globules proprement dits. C'est pour eux qu'ont été créées les différentes dénominations de lentilles rouges, particules rouges du sang (Sénac) (4); disques annulaires du sang (Della Torre) (5), hématies (Gruithuisen) (6), cellules colorées du sang (Schwann) (7), corpuscules colorés du sang (Henle) (8), etc. — Ce sont eux qui donnent au sang sa couleur rouge.

Chez l'homme, la *forme des globules rouges* du sang est celle de petits disques circulaires, aplatis, plus épais à leur bord qu'au centre, qui est déprimé. Suivant Mandl (9), l'épaisseur, du bord constituerait à peu près le quart ou le cinquième de la largeur du globule. Regardée tour à tour par les micrographes comme une saillie ou comme une dépression, la partie centrale, on le sait aujour-

(1) *Dell' azione del cuore ne' vasi sanguini nuove osservazioni.* Modena, 1768.
(2) *Works complete. Edited with an Introduction and Notes by Gulliver.* (Sydenham Soc. publ.) London, 1846, p. 82.
(3) *Journal de* POGGENDORF, 1832. — *Ann. des sciences nat.*, 2e série, 1834, t. I, p. 344.
(4) *Ouvr. cit.*
(5) *Nuovi osservazioni microscopiche.* Napoli, 1776.
(6) *Beiträge zur Physiognosie.*, etc. München, 1812, in-8, § 89, p. 62.
(7) *Mikroskopische Untersuchungen*, etc. Berlin, 1838, in-8.
(8) *Traité d'anat. générale*, t. I, p. 457, trad. de Jourdan, 1843.
(9) *Manuel d'anatomie générale*, 1843, p. 247.

d'hui, prend l'une ou l'autre de ces apparences, selon la manière dont elle est éclairée sur le porte-objet ; le résultat varie aussi suivant le moment où le globule est soumis à l'observation.

Dans les mammifères, les globules rouges ont la même forme que chez l'homme, comme l'ont prouvé de nombreuses recherches faites sur les animaux de cette classe. Cependant il y a, selon Mandl (1), une exception pour la famille des caméliens, où ces globules sont ovalaires ; observation confirmée par Milne Edwards, R. Owen, Gulliver, etc. — Chez les oiseaux, les reptiles et les poissons, la forme des précédents globules est elliptique : Wagner (2) et Wharton Jones (3) affirment en avoir trouvé d'à peu près circulaires dans quelques espèces inférieures de poissons.

S'il est admis que les globules rouges affectent toujours la même forme chez le même animal, il est également reconnu que, chez l'embryon, cette forme diffère de celle qu'on observe après la naissance. La plupart de ces globules, lors de la période embryonnaire, sont discoïdes et biconcaves ; quelques-uns sont sphériques, d'autres ovoïdes ; parfois on en trouve qui ont une disposition en bissac. Ch. Robin (4), qui a reproduit ces remarques chez des mammifères domestiques et des rats, fait aussi observer avec quelle facilité les globules du sang, à cette époque, se déforment par les pressions intra-vasculaires ; c'est en raison de leur élasticité qu'on les voit reprendre promptement leur forme primitive. Cette souplesse ou cette élasticité, déjà signalée par Leeuwenhoek, est d'ailleurs une propriété générale des globules à toutes les périodes de leur durée. Il faut mentionner encore, comme un de leurs caractères, la rapidité assez grande avec laquelle ils s'altèrent : sortis de l'organisme, ils se présentent bientôt comme plissés, avec une circonférence irrégulière, etc.

Un fait observé d'abord par Hewson (5), puis par Hodgkin et Lister (6) et par tous les micrographes contemporains, c'est la tendance qu'ont les globules rouges à se rapprocher les uns des autres comme des rouleaux de pièces de monnaie renversées. Cette disposition, très prononcée surtout dans le sang de l'homme, paraît ne pas exister chez les animaux dont les globules ont la forme elliptique. Ch. Robin (7), qui a dirigé particulièrement son attention sur ce phénomène, l'a attribué à l'*exsudation* d'une matière visqueuse qui se ferait à la surface des globules hors des vaisseaux ; il le regarde comme un commencement d'altération de ces petits corps.

La plupart des micrographes ont cherché à déterminer le *volume des globules rouges* : parmi les nombreuses évaluations qu'ils ont données, nous nous bornerons à mentionner celles qui paraissent se rapprocher le plus de la réalité.

Prévost et Dumas (8) ont mesuré, chez l'homme, le diamètre de ces globules, et

(1) *Ouvr. cit.*, p. 248.

(2) *Nachträge zur vergl. Physiol. des Blutes*, 1838, p. 13.

(3) *The Blood Corpuscles considered in its Different Phases of Development* (*Philos. Transact.*, 1846, p. 63).

(4) *Note sur quelques points de l'anat. et de la physiol. des globules rouges du sang* (*Journal de physiologie de l'homme et des animaux*, t. I, p. 283).

(5) *Ouvr. cit.*, p. 228.

(6) *Notice of Some Microscopic Observations of the Blood*, etc. (*Philos. Magazine*, 1827, t. V, p. 133).

(7) *Rec. cit.*, p. 295.

(8) *Annales de chimie et de physique*, 1821, t. XVIII, p. 280.

l'ont estimé être de 1/130^e de millimètre ; Gulliver (1) l'a trouvé de 1/126^e; Mandl (2) de 1/125^e. Donné (3), qui l'évalue à 1/120^e ou à 1/125^e, attribue les variations dans les mesures des observateurs à la différence naturelle de dimensions des globules du même sang. Ch. Robin (4), qui accorde à leur diamètre 0^{mm},007, dit que l'épaisseur du globule est parfois au-dessous de 0^{mm},002, mais qu'elle ne dépasse pas normalement cette mesure. Enfin Milne Edwards (5), réunissant en un tableau les observations micrométriques faites sur différentes espèces d'animaux par Gulliver, R. Wagner, J. Davy, etc., et y ajoutant les siennes propres, a cherché à établir la *moyenne* des variations dans les individus d'une même classe. Il a trouvé ainsi que, chez les mammifères, la moyenne du diamètre fournie par toutes les mesures serait de 1/168^e de millimètre, par conséquent plus petite que chez l'homme. Chez les oiseaux, dont les globules rouges ont une forme elliptique, le grand diamètre a en moyenne 1/70^e, et le petit 1/163^e de millimètre. Chez les reptiles, les moyennes augmentent un peu, ainsi que chez les poissons cartilagineux, mais elles atteignent le chiffre le plus élevé dans la classe des batraciens : de la grenouille au protée le grand diamètre s'élève de 1/43^e à 1/16^e de millimètre. Ces moyennes ne sauraient d'ailleurs avoir qu'une valeur approximative, attendu qu'elles reposent sur un nombre insuffisant d'observations.

Le volume des globules rouges est plus considérable dans l'embryon que chez l'animal adulte : Hewson, Prévost et Dumas, R. Wagner, Gulliver, J. Davy, etc., ont constaté ce fait chez la poule, la vipère, la chèvre, le lapin, le lézard, le chat, la chauve-souris, la grenouille, le squale. Bischoff (6) et Paget (7) ont reconnu ces mêmes différences chez l'homme; et Ch. Robin a trouvé que, dans l'embryon humain, tant que le corps n'a pas dépassé environ 25 millimètres, les globules rouges ont en général un diamètre de 11 millièmes de millimètre, et une épaisseur de 3 à 4 millièmes.

Il ne semble guère possible de tirer des conséquences physiologiques précises de la comparaison du volume des globules chez l'homme et chez les animaux. Il est pourtant permis de conclure d'abord qu'il n'y a aucun rapport absolu entre la taille des espèces animales et la grandeur des globules de leur sang. De plus, avec Milne Edwards (8), nous ferons remarquer que, chez tous les animaux vertébrés, il y a une tendance à l'amoindrissement des globules sanguins à mesure que l'organisme se perfectionne, soit que ce perfectionnement s'effectue dans la constitution d'un même individu, par le progrès de son développement, soit qu'il se montre dans la série naturelle des espèces dérivées d'un même type zoologique. D'après le même observateur, il y aurait une relation intime entre le volume des globules sanguins et l'activité physiologique, en ce sens que généralement les globules les plus gros, et partant les moins nombreux sous un même volume, s'observeraient chez les animaux dont la respiration et la locomotion sont le moins actives, et réciproquement. Il existerait aussi une tendance à l'uniformité des globules dans les diverses espèces de beaucoup de groupes naturels.

(1) HEWSON'S *Works complete*. London, 1846.
(2) *Anat. microscop.*, 1838.
(3) *Cours de microscopie*, 1844, p. 62.
(4) *Mém. et Rec. cit.*
(5) *Leçons sur la physiol. et l'anat. comparée*, 1857, t. I, p. 83.
(6) *Traité du développement de l'homme et des mammifères*, trad. française, p. 284.
(7) *On the Blood Corpuscles of the Human Embryo* (*Lond. Med. Gaz.*, new Ser., 1849, t. VIII, p. 188).
(8) *Ouvr. cit.*, t. I, p. 55 et 60.

L'étude de la *structure des globules rouges* est, sans contredit, un des points les plus difficiles et les plus controversés de leur histoire. C'est ce qu'on pouvait déjà pressentir, en jetant un coup d'œil sur les dénominations variées par lesquelles les auteurs ont désigné ces éléments du sang. Une vésicule ou cellule pourvue ou non d'un noyau, telle est l'idée générale à laquelle se sont arrêtés un grand nombre de micrographes. Déjà Leeuwenhoek et Hewson (1) avaient signalé la présence d'un *noyau* dans les globules du sang de la grenouille; plus tard, le même fait fut reconnu par J. Müller (2), Henle (3), etc.; Donné (4) a cherché à en fournir une démonstration expérimentale qui l'a amené à admettre l'existence d'une enveloppe et d'un noyau. Ajoutons toutefois que certains auteurs, tels que R. Wagner (5), Valentin (6), Mandl (7), Moleschott (8), Donders (9), etc., pensent que ce noyau central, chez les grenouilles, est le résultat d'une sorte de coagulation intérieure des éléments globulaires du sang sorti de ses vaisseaux. Au contraire, d'autres affirment avoir constaté la présence d'un noyau sur des globules circulant dans les capillaires de la membrane interdigitale de jeunes grenouilles. Examiné au sein du globule, le noyau semble se déplacer et venir s'attacher à un point de ses parois. On obtient facilement ce dernier effet quand on a ajouté une goutte d'eau au sang, ce qui change bientôt aussi la forme des globules : d'elliptiques qu'ils étaient, ils deviennent sphériques, par suite d'un gonflement dû à la présence de l'eau. — L'existence d'un noyau est également admise pour les globules rouges du sang des autres reptiles comme pour ceux des oiseaux et des poissons.

Chez l'homme et les mammifères *adultes*, le globule sanguin paraît dépourvu de noyau; et il n'y a pas d'exception même pour la famille des caméliens, qui, par la forme de ses globules, se rapproche des animaux chez lesquels l'existence d'un noyau n'est pas douteuse. Ce qu'on avait pu prendre d'abord pour un noyau n'est que la partie centrale du globule qui, plus brillante et plus mince, tranche brusquement avec son contour plus épais et plus sombre. Cette remarque, déjà faite par Hodgkin et Lister, a été confirmée par Henle, Donné, Wharton Jones, etc. Cependant divers micrographes admettent que parfois, parmi les globules ordinairement sans noyau, on en rencontre qui paraissent nucléolés : cela du moins résulterait des observations faites par Wharton Jones, Schultz (10) H. Nasse (11) et Busk (12), chez l'homme et plusieurs mammifères. Kölliker (13), qui croit devoir nier ces observations comme inexactes, affirme être arrivé à des résultats tout à fait opposés.

Il existe, au contraire, un noyau dans le globule sanguin, chez l'*embryon* de l'homme et des mammifères, comme chez les autres vertébrés (Paget, Kölliker, etc.).

(1) *Ouvr. cités.*
(2) *Manuel de physiologie*, trad. franç., 2e édit., t. I, p. 91. Paris, 1851.
(3) *Anat. générale*, p. 464 (*Encyclop. anat.*, t. VI), trad. franç. de Jourdan.
(4) *Ouvr. cit.*
(5) *Nachträge zur vergleichenden Physiol. des Blutes*, 1838, p. 14.
(6) *Repertorium*, 1837, t. II, p. 185.
(7) *Ouvr. cit.*
(8) *Ueber die Entwickelung der Blutkörperchen* (MÜLLER's *Archiv*, 1853, p. 73.
(9) *Holland. Beitr. zu. den Anat. und Physiol.*, 1848, p. 360.
(10) MÜLLER's *Archiv für Anat. und Physiol.*, 1839, p. 252.
(11) WAGNER's *Handwörterbuch der Physiol.*, t. II, p. 90.
(12) *Quarterly Journal of Microscopical Science*, 1852, t. I, p. 145.
(13) *Mikroscopische Anat.*, t. II. p. 583.

Selon Ch. Robin (1), presque tous les globules rouges présentent un noyau, depuis leur première apparition jusqu'au moment où l'embryon humain atteint la longueur de 25 à 30 millimètres. A partir de cette époque, le nombre des globules pourvus de noyau irait en diminuant, et l'on n'en trouverait plus après le quatrième mois de la vie intra-utérine. Dans l'état embryonnaire, le noyau est sphérique, bien limité, large de 3 à 4 millièmes de millimètre ; il occupe le plus souvent le centre et quelquefois un des côtés du globule.

D'après ce qui précède, l'existence d'un noyau dans les globules sanguins semblerait donc constituer un caractère d'infériorité physiologique.

Pour s'éclairer sur la question de la structure des globules, les micrographes se sont souvent aidés du secours des agents chimiques. Il nous suffira de mentionner les principaux faits qui résultent de ce mode d'investigation. — L'*acide acétique*, étendu, attaque les globules à l'exception du noyau, il dissout et fait disparaître leur partie périphérique (Milne Edwards, J. Müller, Donné, etc.). — Les *alcalis* dissolvent rapidement et à la fois enveloppe et noyau. — Quand, par l'action de l'*eau*, les globules, devenus de plus en plus transparents, semblent réduits à leur noyau, l'addition de la *teinture d'iode* les rend visibles de nouveau, et ils présentent l'apparence d'une vésicule colorée. Cette expérience, instituée par C. H. Schultz (2), sur le sang des grenouilles, conduit à la même conclusion que les précédentes. — Simon (3), en étudiant l'action de la *bile*, a reconnu, comme l'avait déjà fait Hünefeld, que ce liquide dissout instantanément les globules, propriété qu'il doit au principe que les chimistes désignent sous le nom de *biline* (cholate et choléate de soude). Mise en présence des globules, la biline leur fait perdre immédiatement leur enveloppe ; puis leurs noyaux se gonflent, deviennent de plus en plus transparents et ne tardent pas à se réduire en un certain nombre de particules sphériques. — Les observateurs ont aussi démontré que l'*éther sulfurique* détruit les globules; les noyaux restent intacts et visibles pendant longtemps, si l'on agit sur du sang de grenouille par exemple. — L'*alcool* faible n'altère point les globules et les *sels neutres* ne les dissolvent pas. Dumas (4), Bonnet (5) ont fait aussi quelques expériences sur l'action de certains sels et d'autres substances. R. Owen (6), Martin Barry (7) et Mayer, etc. (8) en ont tenté d'analogues dans le but de s'éclairer sur la nature des noyaux.

Faut-il admettre que les globules rouges sont des vésicules remplies d'un fluide et logeant la matière colorante? J. Müller (9) notamment n'hésite pas à penser que la matière colorante liquide forme le contenu des enveloppes incolores propres à ces globules. Pour d'autres observateurs, le globule sanguin serait constitué par de la *globuline* (*), unie molécule à molécule à la matière colorante du sang (*héma-*

(1) *Rec. et Mém. cit.*, p. 287.
(2) *Das System der Circulation*, etc. Stuttgart, 1836, in-8, p. 19, tab. 1.
(3) *Animal Chemestry*, t. I, p. 111.
(4) *Recherches sur le sang* (*Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences de Paris*, 1846, t. XXII, p. 900).
(5) *Gazette médicale*, 1846, p. 668.
(6) *On the Blood Disks of Siren Lacertina* (*Microscop. Journ.*, 1842, vol. II, p. 73).
(7) *On the Corpuscles of the Blood* (*Philos. Transact.*, 1840-41).
(8) *Das Phänomen der Dotterfurchung an den Blutsphären* (FRORIEP's *Neue Notizen*, 1846).
(9) *Manuel de physiologie*, t. I, trad. franç., p. 93.

(*) La *globuline* semble n'être autre chose qu'une combinaison encore assez peu connue d'albumine et de fibrine. Insoluble dans le sérum ou dans la dissolution de certains sels, elle ne se rencontre que dans les globules sanguins.

tosine) et à quelques sels et matières grasses, sans qu'il soit possible de démontrer qu'une enveloppe vésiculaire existe pour renfermer ces derniers principes. — De pareilles dissidences tendent à prouver que le problème concernant la structure des globules rouges n'est pas encore résolu. Toutefois l'existence d'une membrane utriculaire pour ces corpuscules paraît probable : d'une part, on les gonfle en ajoutant un peu d'eau au sérum, et, d'autre part, surtout l'addition de la teinture d'iode, en les colorant en jaune, leur donne toute l'apparence d'une cellule qui serait pourvue d'une membrane enveloppante élastique.

S'il y a des doutes sur la structure de la portion périphérique des globules rouges, on n'est guère mieux fixé sur la constitution des nucléoles eux-mêmes. L'hématosine leur paraît étrangère. Aux yeux de quelques micrographes, chaque nucléole serait composé d'un certain nombre de particules ou granules sphériques contenus eux-mêmes dans une capsule spéciale.

Globules blancs. — C'est à J. Müller (1), Mandl (2) et Donné (3) que l'on doit les premières notions précises sur les globules blancs du sang. De nouvelles recherches sont venues donner à l'étude de ces éléments une importance qu'on ne saurait méconnaître aujourd'hui.

Les globules blancs, appelés aussi *globules plasmiques*, *fibrineux*, *lymphatiques*, ont pour caractère, qui les différencie tout d'abord des globules rouges, de ne pas appartenir exclusivement, comme ces derniers, au liquide sanguin. On les rencontre, dit Ch. Robin (4), dans divers fluides de l'organisme : dans la lymphe, le chyle, le liquide prostatique, le sperme, le colostrum, les liquides allantoïdien et amniotique, céphalo-rachidien, la synovie, et dans tous les liquides qui se forment à la surface des muqueuses enflammées. Cet observateur, qui les a étudiés à ce point de vue général, fait remarquer qu'ils constituent presque à eux seuls l'élément principal dans le sérum du *pus* et la sérosité des vésicatoires, et que c'est à leur présence dans le *mucus* que les produits des muqueuses enflammées doivent leur teinte jaunâtre, etc. Enfin on les trouverait aussi dans la trame de certains tissus accidentels tels que : le tubercule anatomique, diverses tumeurs gélatiniformes du sein, les épithéliomas des muqueuses et de la peau. Il y aurait une identité parfaite entre ces globules, qu'on les étudie dans le pus, le sang ou la lymphe : ce seraient toujours des éléments anatomiques de la même espèce.

Les globules blancs du sang, infiniment moins nombreux que les rouges (pour 400 globules rouges on trouve environ un globule blanc dans le sang normal), ont une *forme sphérique*, avec un bord net et une surface unie. Cette forme n'est pourtant pas toujours celle que présentent ces globules : peu de temps après que le sang a quitté les vaisseaux, elle est parfois irrégulière, mais cette irrégularité n'est que passagère. Au bout d'un certain temps, le globule reprend sa forme caractéristique, et ce n'est qu'exceptionnellement qu'on en voit un petit nombre continuer à se montrer plus ou moins allongés et irrégulièrement sphériques.

Ce fait n'a pas manqué de frapper l'attention des micrographes. Wharton Jones (5) signala les déformations des globules blancs dans le sang de la raie, de la

(1) *Annales des sciences naturelles*, 2e série, 1834, t. I, p. 344.
(2) *Ouvr. cit.*
(3) *Cours de microscopie*, 1844, p. 81.
(4) *Sur quelques points de l'anat. et de la physiol. des leucocytes ou globules blancs du sang* (*Journal de physiologie de l'homme et des animaux*, 1859, p. 41).
(5) *The Blood Corpuscles considered in its Different Phases of Development* (*Philos. Transact.*, 1846).

grenouille et de l'homme. Davaine (1) fit remarquer que, dans la gouttelette de sang soumise au microscope, les globules blancs restent fixés à la lame de verre, puis bientôt perdent leur forme arrondie : des points de leur circonférence partent des expansions transparentes et leur intérieur semble se creuser de vacuoles. Ces changements de forme, qui se succèdent sous l'œil de l'observateur, ont été comparés aux phénomènes de contractilité signalés par Dujardin (2) dans le sarcode des rhizopodes. D'un autre côté, N. Lieberkühn (3) a pensé ne voir dans ces corpuscules que des animalcules parasites, des amibes, sorte d'infusoires qu'on rencontre souvent dans les eaux stagnantes et les intestins de quelques animaux.

Plus volumineux que les globules rouges, les globules blancs de l'homme ont, suivant Donné, un diamètre de 1/100e de millimètre environ. Ils sont un peu plus gros chez les batraciens et les poissons. Du reste, Gulliver (4) a observé qu'ils ne varient pas beaucoup de volume chez les différents mammifères.

L'action de l'eau et de l'acide acétique tend à dévoiler une *structure celluleuse* dans les globules blancs : l'eau les gonfle, ne les déforme point et ne les dissout que lentement ; l'acide acétique les contracte sans les dissoudre et y fait apparaître un certain nombre de noyaux. Wharton Jones (5) distingue, dans les globules blancs, deux sortes de corpuscules, savoir : des *cellules granulées* et des *cellules nucléolées* incolores. Ch. Robin (6) admet les deux variétés de cellules, l'une à noyaux et l'autre sans noyaux, selon que l'action de l'eau ou de l'acide acétique en a ou non déterminé l'apparition.

La *pesanteur spécifique* des globules blancs est moindre que celle des globules rouges. Examinant le sang défibriné et abandonné au repos, Donné (7) vit le liquide se séparer en deux couches principales : l'une supérieure, formée par le sérum ; l'autre inférieure, occupée par les globules rouges. Entre ces deux couches, existait une sorte de pellicule très mince due à la présence des globules blancs.

En faisant usage de la méthode de Vierordt (8), perfectionnée par Welcker (9), c'est-à-dire en comptant les globules sur un micromètre quadrillé, Marfels (10) et Hirt (11) ont reconnu qu'après les repas les globules blancs deviennent beaucoup plus nombreux relativement aux globules rouges. Nous aurons à rechercher plus tard la cause de ce phénomène.

C'est le lieu de rappeler aussi que plusieurs micrographes, tels que Virchow (12), H. Gray (13), etc., ont signalé particulièrement la grande abondance des globules blancs dans le sang de la rate. — Dans certains états pathologiques, ces globules se présentent en si grande quantité, que le sang peut paraître laiteux. C'est à ces cas que l'on a donné le nom de *leukémie* ou *leucocythémie* (*) ; ils ont été observés,

(1) *Recherches sur les globules blancs du sang* (*Mémoires de la Société de biologie*, 1850, t. II, p. 103).
(2) *Annales des sciences naturelles*, 1835, 2e série, t. IV, p. 343.
(3) *Ueber Psorospermien* (MÜLLER'S *Archiv fur Anat. und Physiol.*, 1854, p. 1).
(4) HEWSON'S *Works ; Notes by* GULLIVER, p. 243.
(5) *Philos. Transact.*, 1846, p. 71.
(6) *Mém. et Rec. cit.*
(7) *Ouvr. cit.*, p. 84.
(8) *Archiv für physiol. Heilkunde*, 1852, t. XI, p. 26.
(9) *Archiv des Vereins*, etc. Gœttingen, 1854, t. I, p. 161.
(10) *Untersuch. zur Naturlehre*, etc., von MOLESCHOTT, 1856, t. I, p. 61.
(11) J. MÜLLER'S *Archiv*, etc., 1856, p. 174.
(12) *Gesamm. Abhandl. zur wissensch. Med.*, 1855, t. I, p. 149.
(13) *On the Structure and Use of the Spleen.* London, 1854.
(*) De λευκὸς, blanc ; κύτος, cavité, et αἷμα, sang.

pour la première fois, par Bennett (1) et Virchow (2). Depuis lors, les pathologistes ont multiplié leurs recherches sur cette singulière altération du sang qu'on rencontre surtout chez des individus atteints d'hypertrophie de la rate ou des ganglions lymphatiques.

Quant à l'origine des globules incolores, à leur développement, au rôle qu'ils remplissent vis-à-vis des globules rouges, nous nous en occuperons seulement à propos de la formation du sang.

Globulins. — Décrits par J. Müller (3) sous le nom de *granules lymphatiques*, ces corpuscules du sang se présentent sous forme de petits noyaux sphériques, peu nombreux, tantôt isolés, tantôt agglomérés irrégulièrement. Donné (4) estime que leur diamètre n'a pas plus de 1/300e de millimètre environ. On les considère généralement comme appartenant au chyle et comme étant versés par le canal thoracique dans le fluide sanguin ; Kölliker (5), qui partage cette manière de voir, les appelle *granules élémentaires*. — Ajoutons qu'une troisième espèce de globules incolores a été signalée par Moleschott et Donders (6).

B. — *Globules du sang chez les invertébrés.* — Le sang des animaux invertébrés renferme aussi des corpuscules dont les micrographes se sont efforcés de déterminer la nature et les caractères. Leurs recherches, qui se sont étendues à différentes classes de cette grande division du règne animal, ont enrichi la science d'un certain nombre de faits importants et propres à intéresser le physiologiste. Il n'est d'ailleurs pas besoin de faire remarquer toutes les difficultés qu'on a dû éprouver pour obtenir des notions précises sur un sujet dont l'étude est si minutieuse et si délicate.

On a contesté, pendant longtemps, la présence de *véritables globules* dans le sang des invertébrés : aujourd'hui les travaux de R. Wagner (7), Wharton Jones (8), Williams (9), Lebert et Ch. Robin (10), Rouget (11), etc., ne laissent aucun doute sur la réalité de leur existence. On a coutume de regarder ces globules comme les analogues des globules blancs des vertébrés; et récemment Davaine (12) s'est encore appliqué à faire admettre cette analogie en avançant que ses observations et ses expériences l'avaient amené à ne considérer, dans le sang des animaux, que deux sortes de globules : 1° les *globules blancs*, qui sont communs aux vertébrés et aux invertébrés; 2° les *globules, rouges* qui existent chez les vertébrés, mais qui n'ont point d'analogues chez les invertébrés. — Après avoir exposé les principaux traits de l'histoire de ces corpuscules, nous dirons ce qu'il faut penser de cette manière de voir et des conséquences qu'on a voulu en déduire.

La *forme* des globules du sang varie dans les différentes espèces d'invertébrés;

(1) *Leucocythemia, or white Cells Blood*, etc. Edinburgh, 1852.
(2) *Loc. cit.*
(3) *Annales des sciences nat.*, 2e série, 1834, t. I, p. 344.
(4) *Ouvr. cit.*, p. 85.
(5) *Mikroscopische Anat.*, t. II, p. 575.
(6) *Untersuchungen über die Blutkörperchen* (*Holländische Beitr. zu den anat. and physiol. Wissenschaften*, 1848).
(7) *Zur vergleichenden Physiologie des Blutes*, 1833.
(8) *Ouvr. cit.*, Mém. 2, *Invertebrata*.
(9) *On the Blood Proper and Chylaqueous Fluid of Invertebrate Animals* (*Philos. Transact.*, 1852, p. 595).
(10) MÜLLER'S *Archiv*, 1846.
(11) *Sur l'existence de globules du sang colorés chez plusieurs espèces d'animaux invertébrés* (*Journal de physiologie de l'homme et des animaux*, 1859, t. II, p. 660).
(12) *Comptes rendus de la Société de biologie*, 1855, p. 56.

elle varie parfois chez le même animal. Ils sont en général circulaires et plus ou moins aplatis chez les mollusques; ils sont fusiformes, plus ou moins déprimés, chez les insectes; ovoïdes ou sphériques chez les crustacés et les arachnides, etc.

Ce qui a été dit plus haut de la déformation des globules blancs des vertébrés paraît s'appliquer aux globules incolores d'un grand nombre de mollusques et d'articulés. Lebert et Ch. Robin, Wharton Jones, Williams, Davaine, etc., ont observé avec soin ce phénomène qui a dû prendre une certaine importance aux yeux de ceux qui font des globules incolores des invertébrés les analogues des globules blancs des vertébrés.

Chez la plupart des invertébrés, le *volume* des globules l'emporte sur celui des globules de l'homme. Toutefois ce volume est variable dans les globules d'une même goutte de sang chez les mollusques, les arachnides, les crustacés, etc. Aussi toute évaluation précise de diamètre est-elle, par là, rendue très-difficile. On donne aux globules de l'écrevisse un diamètre de $0^{mm},005$ à $0^{mm},007$. Ch. Rouget (1), ayant mesuré les globules incolores de certaines espèces d'ascidies, leur a trouvé $0^{mm},010$ de diamètre en moyenne; le même observateur a trouvé, chez les synaptes, de $0^{mm},008$ à $0^{mm},013$ de diamètre. Chez les molluscoïdes, on en voit, dit Milne Edwards (2), de toutes les grandeurs, depuis 1/400[e] jusqu'à 1/75[e] de millimètre. Ajoutons, d'après la remarque de cet auteur, que, dans l'embranchement des mollusques, les globules sont d'autant plus nombreux que les animaux sont plus parfaits : rares chez les bryozoaires, ils abondent dans la classe des céphalopodes.

Quant à leur *structure*, les globules sanguins des invertébrés sont, les uns granuleux et privés de noyaux, tandis que les autres, également granuleux, offrent un ou plusieurs noyaux. Williams (3) a bien décrit les globules des mollusques, et notamment ceux des céphalopodes, qui, d'après lui, ont la structure la plus parfaite. Dans cette classe, les globules ont presque toujours un noyau qui, parfois périphérique, est le plus souvent central. Autour du noyau, est répandu un liquide qui, renfermant une foule de petits granules, semble remplir une enveloppe utriculaire. On rencontre néanmoins quelques globules sans noyau ni granules; mais entre ces deux extrêmes, il existe de nombreux intermédiaires. Chez les insectes, les globules ont un noyau distinct et des granules; on peut en dire autant des arachnides et des crustacés. Toutefois, dans ces derniers, quelques globules sont pourvus d'un noyau seulement. Les zoophytes ont des globules analogues à ceux des autres invertébrés. — Nous ne saurions nous étendre davantage sur ce point, bien étudié surtout par Bowerbank (4), R. Wagner (5), Newport (6), Wharton Jones (7), Williams (8), etc.

Le sang, qui charrie les précédents globules, porte communément le nom impropre de *sang blanc;* et il est, en effet, réputé ne contenir aucun corpuscule analogue aux corpuscules colorés du sang des vertébrés. Milne Edwards (9) a considéré ce

(1) *Mém. et Rec. cit.*
(2) *Ouvr. cit.*, t. I, p. 97.
(3) *Rec. cit.*, p. 648.
(4) *Observ. on the Circul. of the Blood in Insects* (*Entomological Magaz.*, vol. I, 1833).
(5) MÜLLER'S *Archiv*, 1835. — *Vergl. Physiol. des Blutes*, t. I, p. 29.
(6) *On the Structure and Development of the Blood* (*Annals of Nat. Hist.*, 1849, vol. XV).
(7) *Ouvr. et Rec. cit.*
(8) *Philos. Trans.*, 1852.
(9) *Leçons sur la physiol. et l'anat. comp., etc.* Paris, 1857, t. I, p. 113 et 114.

caractère comme tellement général, qu'il a cru pouvoir en faire, entre les vertébrés et les invertébrés, un moyen distinctif aussi tranché que celui qui résulte de la présence ou de l'absence d'une colonne vertébrale. — Quant aux diverses colorations, jaune, bleue, verte ou rougeâtre du sang des invertébrés, elles ne seraient dues, d'après cet observateur, qu'à la teinte particulière du plasma, et non à l'existence de globules hématiques. Les globules rouges, discoïdes et nageant dans un liquide incolore, signalés par de Quatrefages (1) chez une espèce de glycère, n'appartiendraient point, selon Williams (2), au liquide des vaisseaux sanguins, mais à celui de la *cavité générale du corps;* et Milne Edwards (3), partageant cette manière de voir, fait observer que la description des globules du sang rouge des annélides, donnée par R. Wagner, Wharton Jones et quelques autres, s'applique en réalité, non pas au sang des vaisseaux, mais au *liquide cavitaire* (*). De Quatrefages (4) a reconnu, chez des vers voisins des térébelles, que ce dernier liquide charrie des globules rouges, et Williams (5) a rencontré aussi un grand nombre de ces globules dans le liquide cavitaire du *Glycera alba*, tandis que le sang des vaisseaux de cet annélide lui a paru faiblement rougeâtre et d'ailleurs dépourvu de globules colorés.

D'un autre côté, nous rappellerons que Doyère (6) a constaté dans le sang d'un tardigrade (*Emydium testudo*) l'existence de globules colorés en rouge brun, et aussi que, dans le sang des céphalopodes, R. Wagner (7) et Williams (8) ont observé des globules violets ou bleuâtres. A ces faits, dont on ne saurait nier la valeur, il faut aujourd'hui en joindre de plus nombreux et de plus concluants qui viennent constituer des exceptions tranchées à la loi formulée plus haut. Des observations, faites avec le plus grand soin par Ch. Rouget (9) sur plusieurs espèces de molluscoïdes et de radiaires, établissent que le sang d'un assez grand nombre de ces invertébrés, est coloré et que cette coloration est spécialement due, non pas au plasma, mais à des corpuscules colorés qui, dans quelques cas, possèdent, indépendamment de la teinte, les caractères histologiques essentiels des globules hématiques, c'est-à-dire des globules rouges du sang des vertébrés. C'est chez les *siponcles* surtout que Rouget a trouvé les faits de ce genre les mieux caractérisés. « Lorsque, dit-il, à l'aide de faibles grossissements (50 à 100 diam.), on examine la circulation dans les tentacules qui entourent l'orifice buccal du *Siponcle oxyure*, il semble qu'on ait sous les yeux une houppe branchiale d'un têtard de batracien : des *globules rouges* vésiculeux, la plupart très régulièrement ovalaires ou arrondis, circulent avec rapidité, et tellement pressés les uns contre les autres, qu'ils semblent constituer toute la masse du sang, bien qu'en

(1) *Mémoire sur la circulation des Annélides* (*Ann. des sc. nat.*, 1850, t. XIV, p. 288).
(2) *Philos. Trans.*, 1852, p. 632.
(3) *Ouvr. cit.*, t. I, p. 109. Paris, 1857.

(*) C'est encore une question de savoir si le *liquide cavitaire*, qui contient parfois des globules rouges et de forme discoïde, ne doit pas être assimilé au sang proprement dit, ou tout au moins au sang veineux (Rouget). On lui accorde pourtant le rôle le plus important dans le travail nutritif. — Relativement au fluide nourricier général ou cavitaire des annélides, consultez les intéressants mémoires de QUATREFAGES (*Ann. des sc. nat.*, 3e série, 1846, t. V, p. 280; — *Ibid.*, 3e série, 1850, t. XIV, p. 309).

(4) *Ann. des sc. nat.*, 3e série, t. XIV, p. 311.
(5) *Rec. cit.*
(6) *Mémoires sur les Tardigrades* (*Ann. des sc. nat.*, 2e série, t. XIV, 1844).
(7) LEYDIG, *Lehrbuch der Histologie*, 1857, p. 451.
(8) *Mem. et Rec. cit.*
(9) *Mem. et Rec. cit.*

réalité ils nagent dans un *sérum incolore*. Le sang contenu dans le cœur et les tentacules ne renferme pas d'autres éléments que ces globules arrondis, ovalaires, et quelquefois fusiformes. Dans tous on aperçoit un point brillant, très réfringent; mais le noyau, qui existe toujours, n'est parfois visible qu'après l'action de l'eau ou des réactifs. Une membrane élastique, épaisse, à double contour, constitue l'enveloppe de ces globules, et renferme une substance d'un rouge rosé, transparente, homogène, très réfringente, à laquelle le globule doit sa coloration. »

Des faits qui précèdent et qui paraissent devoir se multiplier, Rouget conclut, avec raison, que la présence ou l'absence de *globules colorés dans le sang* n'est pas en relation nécessaire avec la place qu'un animal occupe dans l'une des deux grandes divisions zoologiques, et qu'il y a lieu de rechercher, dans les conditions de l'organisation de telle ou telle espèce, la raison de l'existence d'éléments colorés ou incolores dans le sang.

II. — Les particules solides ou globules du sang viennent d'être examinés sous le rapport de leurs *caractères physiques*. Précédemment, leur *composition chimique* a été indiquée (p. 485 et suiv.). Quant à l'étude de leur *rôle physiologique*, déjà faite, en partie, à propos de la respiration (p. 583), elle sera complétée ultérieurement. Il nous faudra aussi revenir sur les globules, en parlant de la formation du sang.

Maintenant la partie fluide du sang (*plasma*, *liquor sanguinis*), dans laquelle nagent les globules, doit fixer un moment notre attention.

Évidemment le *plasma*, sérum du sang en circulation, ne doit pas être confondu avec le *sérum* qui entoure le caillot d'une saignée : ce dernier liquide n'est qu'une eau chargée d'albumine et de sels, tandis que le *plasma* contient en outre de la fibrine qui, dissoute dans le sang vivant, se coagule après la mort. Rappelons que, quand on bat du sang avec une verge, à la sortie des vaisseaux, on prive le *plasma* de sa fibrine, qui, en se solidifiant, emprisonne un certain nombre de globules, et qu'alors il ne reste plus, par conséquent, que du *sérum* tenant en suspension la plupart des globules sanguins.

Nous avons vu que, chez les vertébrés, la couleur rouge du sang est due aux globules charriés par ce fluide ; aussi le plasma de ces animaux est-il presque incolore ou légèrement jaunâtre. Il n'en est pas de même chez beaucoup d'invertébrés qui ont au contraire un plasma coloré en rouge, en jaune foncé, en vert, en rose, en bleu, etc., sans que les globules jouent dans ces diverses colorations aucun rôle essentiel : en d'autres termes, ici la matière colorante, que peut influencer la nature de l'alimentation, est généralement en dissolution dans le plasma lui-même, au lieu d'être incorporée avec des globules hématiques. Toutefois on vient de voir que, d'après Doyère, R. Wagner, Williams, et surtout Ch. Rouget, la coloration du sang d'un certain nombre d'animaux inférieurs peut aussi être spécialement due, non pas au plasma, mais à des corpuscules colorés analogues aux globules hématiques du sang des vertébrés. Nous avons dit que les observations de Rouget ont porté à la fois sur le fluide nourricier général ou cavitaire et sur le sang des vaisseaux mêmes de plusieurs espèces de molluscoïdes et de radiaires.

C'est dans le plasma, ou partie liquide du sang vivant, que sont tenus en dissolution ou bien en suspension de nombreux éléments qui nous sont déjà connus, tels que : des sels minéraux, la plupart essentiels à l'organisme ou nécessaires à l'intégrité des globules ; de la soude libre ; des gaz ; des acides organiques en com-

binaison avec la soude; de l'urée ; des matières extractives, et enfin des substances albuminoïdes, grasses et sucrées (*). Parmi les substances albuminoïdes, il en est une, l'albumine, à la présence de laquelle le plasma doit sa coagulabilité par la chaleur, et une autre, la *fibrine*, qui, sous l'influence de la vie, se présente sous la forme fluide, mais qui, abandonnée à elle-même, devient insoluble et se coagule spontanément. Nous sommes ainsi amené à nous occuper d'un phénomène connu de tout temps, si ce n'est dans son essence, du moins dans ses effets : nous voulons parler de la *coagulation du sang.*

III. — Le sang recueilli dans un vase et abandonné à lui-même, conserve quelque temps encore, après qu'il est sorti des vaisseaux, sa couleur, sa fluidité et son aspect homogène. Puis il s'épaissit peu à peu, se prend en une masse molle et tremblante, qui remplit d'abord tout l'espace occupé par le liquide. Bientôt cette masse se rétracte, se couvre de quelques gouttes d'un liquide jaunâtre, et, par suite du mouvement de retrait qui se prononce de plus en plus, elle finit par abandonner les parois du vase, en laissant échapper de son intérieur un liquide semblable à celui qui avait paru tout d'abord à la surface. La masse ainsi coagulée a donc diminué de volume et augmenté en consistance, tandis que le liquide qui en a été exprimé est devenu de plus en plus abondant. Le sang se trouve dès lors séparé en deux parties : l'une solide, qu'on nomme *caillot* ou *cruor ;* l'autre liquide, qu'on appelle *sérum* et où la première nage plus ou moins complétement.

La *coagulation du sang* commence, en général, quatre à cinq minutes après que ce fluide est hors de ses vaisseaux : rarement elle met une demi-heure ou une heure à se montrer. Le temps nécessaire pour qu'elle s'effectue *entièrement* est d'ailleurs variable depuis quelques heures jusqu'à un jour. D'après Nasse (1), la coagulation commencerait, terme moyen, au bout de trois minutes environ chez la femme et de quatre chez l'homme. On admet généralement que le sang artériel se coagule plus rapidement que le sang veineux, le sang de certaines veines plus vite que celui des autres. — Ajoutons que la coagulation n'est pas également prompte dans le sang des divers animaux : elle arrive plus tôt chez les oiseaux et la plupart des mammifères que chez l'homme ; elle est sensiblement plus lente chez les reptiles. Dans les invertébrés, la coagulation, quoique souvent rapide, est en général imparfaite ou obscure. Les observations indiquant ces différences, et relatées dans les ouvrages de Blundell (2), Thackrah (3), Fiedler (4), Carus (5), etc., sont trop peu nombreuses pour qu'on puisse en tirer des inductions de quelque intérêt.

C'est surtout à des observateurs du siècle dernier qu'il faut rapporter les premières études véritablement importantes sur la coagulation du sang : les travaux de Davies (6), Hewson (7), J. Hunter (8), entre autres, renferment déjà une grande partie des notions à l'aide desquelles on a cherché de nos jours à se rendre

(*) Voir plus haut, p. 483 et suiv.

(1) Dans WAGNER'S *Handwörterbuch der Physiol.*, 1842, t. I, art. SANG.

(2) *Physiological and Pathological Researches*, p. 130.

(3) *Inquiry into the Nature and Properties of Blood*, 1819, p. 19 et suiv.

(4) *Dissertatio de columbarum sanguine*. Berlin, 1824, in-8.

(5) *Von den äussern Lebensbedingungen*, p. 86.

(6) *Essays to promote the Experimental Analysis of Human Blood*. Bath, 1760.

(7) HEWSON'S *Works on Blood*, etc., édit. de GULLIVER. London, 1846. — Et *Philos. Transact.*, 1770-1773.

(8) *Treatise on the Blood Inflammation*, etc. London, 1794.

compte de ce singulier phénomène. On connaît aussi les expériences plus récentes de J. Davy (1), de Schrœder Van der Kolk (2), de Scudamore (3), de Denis (4), de J. Müller (5), etc. C'est principalement à ces auteurs, de diverses époques, qu'il y a lieu d'emprunter ce qu'on sait de plus précis sur la coagulation du sang.

Le premier effet de la coagulation, nous l'avons dit, est la séparation spontanée du sang en une partie solide (caillot) et une autre liquide (sérum). Cette séparation, tout accidentelle et mécanique en quelque sorte, est le caractère saillant du phénomène et lui appartient en propre. Elle diffère d'ailleurs de la division naturelle, admise plus haut, du sang vivant en *plasma* et en *globules ;* et déjà, en effet, nous connaissons la notable différence qui existe entre le *sérum* du sang mort et le plasma, entre un simple amas de globules et le *caillot.*

Le *sérum* du sang des vertébrés est un liquide limpide, doué d'une odeur fade et d'une saveur salée; il est visqueux au toucher, et sa couleur est d'un jaune verdâtre. Accidentellement, il peut présenter une légère teinte rougeâtre ou laiteuse. Plus léger que le sang entier, il a une pesanteur spécifique qui a été diversement évaluée par les auteurs : Thackrah (6) a trouvé, pour les deux extrêmes, 1004 et 1080; Becquerel et Rodier (7) ont donné, en moyenne, pour l'homme 1028, et pour la femme 1027,4 ; chiffres conformes à ceux qu'avait indiqués déjà Berzelius (8). Rappelons encore que le sérum renferme les éléments qui se trouvent en dissolution dans le plasma, moins la fibrine.

Le *caillot*, dont la surface est ordinairement d'un rouge vermeil et l'intérieur d'un rouge brun, est déterminé dans sa forme et son volume définitifs par la cessation du mouvement de retrait qui a accompagné le phénomène de la coagulation. Cette rétraction a eu pour effet de chasser le sérum hors du caillot, qui néanmoins en retient toujours une certaine quantité évaluée par Schmidt (9) à 1/5e du volume de la masse coagulée. Quant à la proportion du caillot au sérum, évidemment elle devra d'abord dépendre du degré de rétractilité du premier et de la quantité de fibrine contenue dans le sang soumis à l'observation. Un caillot fortement rétractile, par exemple, conservera proportionnellement moins de sérum dans ses aréoles, outre qu'un certain nombre de circonstances que nous signalerons plus loin, par leur influence sur la coagulation elle-même, feront varier aussi le résultat ; une moindre énergie dans le mouvement de retrait laissera au contraire le caillot pénétré d'une plus grande quantité de sérum. On ne sera donc pas étonné du peu d'accord existant parmi les observateurs qui ont cherché à déterminer le rapport dont il s'agit. Ceux qui, comme Prévost et Dumas (10), ont desséché complétement le caillot avant de le peser, ont obtenu des données plus précises. C'est ainsi qu'on a trouvé, dans la poule, sur 1000 parties de sang, 157 parties de caillot; chez l'homme, 129; dans la truite, 63, etc. Le maximum de densité semblerait donc appartenir aux oiseaux.

(1) *Research., Physiol. and Anat.*, vol. II. — *Edinb. Med. and Surg. Journal,* 1828, vol. XXX, p. 248.

(2) *Dissertatio, physiol. med. sistens sanguinis coagulantis historiam.* Groningue, 1820.

(3) *An essay on the Blood.* London, 1824.

(4) *Recherches expérimentales sur le sang humain.* Paris, 1830. — *Nouveau Mém. sur le sang, etc.* Paris, 1859.

(5) POGGENDORFF'S, *Annalen für Physik,* 1832, t. XXV.

(6) *Ouvr. cit.*, p. 17.

(7) *Recherches sur la composition du sang.* Paris, 1844, in-8, p. 22.

(8) *Traité de chimie,* t. VII, p. 66.

(9) *Charakteristik der epidemischen Cholera.* Leipzig, 1850.

(10) *Bibliothèque universelle de Genève,* t. XVII, p. 302.

En tenant compte des minimes quantités de sérum que peut encore contenir le caillot, même après sa dessiccation, on trouve qu'il est formé des globules et de la *fibrine* (*), c'est-à-dire de la portion solide du sang et d'un élément du plasma solidifié dans la coagulation. D'une part, le lavage prolongé du caillot, en entraînant la matière colorante, avait depuis longtemps montré à Malpighi (1) que celui-ci reste formé d'une substance blanchâtre ayant l'aspect de filaments fibreux ; d'autre part, l'opération du battage du sang, pratiquée d'abord par Fréd. Ruysch (2), en enlevant la fibrine, avait empêché la coagulation de ce fluide sous les yeux de l'observateur ; ce qui avait permis d'attribuer à la fibrine la coagulabilité spontanée du sang. Une expérience de Hewson (3) vint ajouter encore à cette démonstration. Utilisant la propriété qu'ont certaines substances salines étendues d'eau et mêlées au sang (sel commun, par exemple) de retarder sa coagulation, il observa que, dans un pareil mélange laissé au repos, les globules gagnaient la partie inférieure du vase, et que dans le liquide incolore qui surnageait était contenue la fibrine dissoute. Celle-ci, traitée par une certaine quantité d'eau, donna bientôt lieu au phénomène de la coagulation, et un *caillot incolore* se forma. D'après ces faits on ne pouvait donc plus douter que la fibrine ne fût le principe coagulable du sang. Quant au *caillot ordinaire*, il est évidemment composé à la fois de ce principe immédiat et des globules : ceux-ci, habituellement emprisonnés dans les mailles de la fibrine à mesure qu'elle se coagule, peuvent néanmoins, avant toute coagulation, être isolés à l'aide de certains procédés.

Malgré les observations précédentes, on continua à supposer que la fibrine qui constitue le caillot provient des globules rouges, et non du plasma. Dans cette hypothèse, ces globules, privés de l'influence de la vie et rapprochés rapidement les uns des autres, laissaient échapper leurs noyaux composés de fibrine, tandis que leurs enveloppes avec la matière colorante se trouvaient bientôt retenues dans l'espèce de réseau formé par tous les noyaux réunis. Cette ancienne manière de voir, défendue de nos jours surtout par Ev. Home (4), Prévost et Dumas (5), était encore celle de beaucoup de micrographes, quand J. Müller (6) vint, à l'aide d'expériences nouvelles, donner au problème une solution toute différente et définitive. Après avoir mêlé à du sang de grenouille une quantité égale d'eau sucrée (une partie de sucre pour 200 parties d'eau environ), ce physiologiste versa la liqueur sur un filtre mouillé, et vit dans le mélange filtré se produire, au bout de quelques minutes, un caillot transparent qui peu à peu se condensa, devint blanchâtre et filamenteux. Ce caillot était de la fibrine dans le plus grand état de pureté, car le microscope n'y accusa la présence d'aucun globule altéré ou intact. D'un autre côté, J. Müller reconnut, à l'aide du même instrument, que les globules qu'on sépare de la fibrine par le battage du sang, et qui demeurent sur le filtre, conservent leur intégrité.

Ces expériences, avons-nous dit, ont été faites avec du sang de grenouille dont

(*) Synonymie : *matière fibreuse, gluten du sang, lymphe coagulable*. Le nom de *fibrine* a été proposé par Fourcroy.

(1) *Opera omnia*, 1666, p. 123 : *De polypo cordis dissertatio.*
(2) *Thesaurus anat. septim.*, n° XXXIX, p. 19, et tab. III, fig. 6, c. Amstelœdami, 1710.
(3) *Experim. Inquir. into the Properties of the Blood*, chap. I, experim. III.
(4) *Croonian Lectures on the Blood*, etc. (*Philos. Transact.*, 1818, 1820).
(5) *Biblioth. univ. de Genève*, 1821, t. VII : *Examen du sang*.
(6) *Beobachtungen zur Analyse der Lymphe, des Blutes und des Chylus* (Poggendorf's *Annal.*, 1832, t. XXV).

les globules, en raison de leur volume, peuvent ne point traverser le filtre. Un pareil résultat est-il possible avec les globules sanguins de l'homme? L. Figuier (1) a reproduit des observations analogues aux précédentes, en opérant sur du sang humain auquel il avait mêlé, pour un volume de ce fluide, deux volumes d'une dissolution de sulfate de soude marquant 16 à 18 degrés de l'aréomètre de Baumé.

Ainsi, nul doute que la fibrine ne soit le seul élément du sang auquel on doive rapporter le phénomène de la coagulation, et qu'à un moment donné, elle ne se sépare du plasma, pour se condenser et embrasser dans son réseau les globules eux-mêmes. Si les globules sont restés unis à la fibrine plasmique, le caillot est coloré ; mais, dans le cas où on les en a d'abord séparés, ils conservent avec eux l'*hématosine*, à laquelle est due la coloration rouge du sang, et le caillot est incolore. — Du reste, la composition chimique des globules (p. 485) pourrait aussi être invoquée pour servir à démontrer que ces petits corps ne sauraient être la source exclusive de la fibrine du caillot, comme l'avaient supposé à tort un assez grand nombre de physiologistes.

Pendant que le sang se sépare en deux parties, c'est-à-dire durant l'acte de la coagulation, les éléments qui composent le caillot (fibrine du plasma et globules) peuvent contracter différents rapports et se présenter sous un aspect variable, suivant certaines circonstances.

A peine le sang est-il reçu dans un vase, et le repos établi, qu'en raison de leur densité, les globules tendent à se précipiter vers le fond. Aussi déjà un certain nombre d'entre eux ont-ils gagné la région inférieure, quand la coagulation a commencé à produire le réseau fibrineux : de là une moindre proportion de globules à la surface peu colorée du caillot, et une coloration plus foncée, due à un plus grand nombre de ces petits corps, à mesure qu'on examine le caillot plus profondément. Toutefois, le sang de quelques animaux se coagule si vite, que les globules restent emprisonnés dans les mailles de la fibrine, et qu'on n'observe pas de portion incolore à la surface supérieure du caillot : c'est ce qui a lieu, par exemple, avec le sang des oiseaux (*).

Si, par une cause quelconque, la coagulation est lente à se montrer, la précipitation des globules aura le temps de se faire en plus grande abondance, et il restera à la partie supérieure une certaine quantité de fibrine, réunie en une *couche blanchâtre*. Cela s'observe naturellement chez le cheval et d'autres animaux dont le sang se coagule lentement. C'est cette couche blanchâtre, résistante, élastique, plus ou moins opaque et parfois épaisse de plusieurs millimètres, que l'on désigne sous le nom de *couenne*. — Les expériences de Polli (2) surtout ont bien démontré l'influence que peut avoir la lenteur de la coagulation dans la formation

(1) *Comptes rendus de l'Acad. des sciences de Paris*, 1844, t. XIX, p. 101. — Et *Ann. de chimie et de physique*, 3e série, t. XI, p. 503.

(*) C. SCHMIDT (*Charakteristik der epidemischen Cholera*, p. 18) a cherché, dans de nombreuses expériences, à déterminer la densité des globules du caillot : il a trouvé que, chez l'homme en santé, elle variait entre 1,0885 et 1,0889, tandis que, chez la femme, elle se maintenait entre 1,0880 et 1,0886. Avant lui, J. DAVY (*a*) l'avait estimée à 1132, et avait évalué celle de la fibrine à 1046 et à 1060. — On comprend d'ailleurs combien peuvent varier les densités respectives des *globules*, de la *fibrine* ou du *sérum*, et combien il est difficile d'en apprécier exactement les effets sur le phénomène de la coagulation.

(2) *Ricerche ed esperimenti intorno alla formazione della cotenna nel sangue*. In-8, Milano, 1843.

(*a*) *Researches Physiol. and Anat.*, vol. II, p. 17.

de ce produit fibrineux : suivant cet observateur, pour le sang humain, la coagulation, *en moyenne*, s'opère en onze minutes quand le caillot n'est pas couenneux, et en vingt-sept minutes lorsqu'il se recouvre de couenne. De plus, Polli a constaté que, si l'on prend le soin de ralentir suffisamment la coagulation, tout sang peut fournir de la couenne, tandis que si l'on précipite au contraire la coagulation, le sang qui, sans cette précaution, aurait donné de la couenne, n'en donne plus.

On sait aussi l'influence qu'a la forme du vase dans lequel on reçoit le sang : un vase qui est étroit, allongé, facilite la précipitation des globules, et le caillot est couenneux. Cela n'arrive point avec un vase large et offrant une faible hauteur ; il en est de même si le jet de sang est rapide, et si le liquide est recueilli dans un vase qu'on agite de temps en temps. Ces dernières conditions sont défavorables à la production de la couenne, qui est au contraire favorisée par un écoulement lent ou faible, et un repos parfait dès que le sang a été extrait des vaisseaux.

J. Müller (1) admet, d'après ses propres expériences, que, dans la formation de la couenne, le ralentissement de la coagulation n'est pas la seule cause qu'on doive invoquer, mais qu'il faut encore tenir compte à la fois de la composition de la liqueur du sang (*plasma*) et de la dissolution de la fibrine dans ce liquide. Suivant ce physiologiste, la précipitation des globules est beaucoup plus lente quand on a enlevé la fibrine du plasma, et il suffit d'ajouter au sang fouetté et dépouillé de fibrine une dissolution de gomme arabique pour rendre de nouveau l'abaissement des globules aussi rapide dans ce sérum que dans le plasma lui-même. On ne saurait d'ailleurs dire pourquoi les globules s'abaissent rapidement dans le plasma, et lentement dans le sérum du sang battu, c'est-à-dire dans la même liqueur dépouillée de sa fibrine. Tous les phénomènes de suspension paraissent dépendre de l'adhésion des molécules aux liquides : peut-être les globules adhèrent-ils moins à la liqueur du sang ou plasma qui tient encore de la fibrine en dissolution qu'au sérum du sang battu, qui a perdu sa fibrine. Quant à l'influence accélératrice que la solution de gomme, tout en augmentant la viscosité du sérum, exerce sur le dépôt des globules, il nous semble probable, comme à Milne Edwards, que cela tient à une action exosmotique sur ces corpuscules et à l'augmentation de leur densité par suite de la soustraction d'une portion de leur eau.

De nombreuses observations ont été faites sur la *couenne inflammatoire* du sang par les pathologistes, qui ont cherché à établir, d'après sa présence ou son absence, des indications sur la nature et le traitement des maladies. Nous renverrons, pour ce que nous avons à en dire, à l'étude qui sera faite plus loin des *variations de composition du sang* dans l'état pathologique.

Après avoir tracé le tableau de la coagulation du sang extrait de ses voies naturelles pendant la vie, nous en rapprocherons, avec quelque intérêt, les notions, trop peu nombreuses d'ailleurs, que la science possède sur ce phénomène quand il s'accomplit après la mort dans les vaisseaux eux-mêmes. Ph. Phœbus (2) avait déjà remarqué le fait de l'abaissement des globules dans les caillots trouvés dans le cœur et les gros vaisseaux, lorsque le cadavre avait été tenu immobile pendant la

(1) *Manuel de physiologie*, trad. franç. Paris, 1851, t. I, p. 99.
(2) *Ueber den Leichenbefund bei der Cholera*. Ebend., 1833.

coagulation. Ces caillots, à la fois blancs et rouges, présentaient toujours la partie blanche en dessus, quelle qu'eût été la position du corps. J. Davy (1) et Paget (2) ont aussi étudié avec soin ce phénomène. Des nombreuses recherches de ces deux observateurs voici les résultats les plus saillants :

La coagulation, tant que le sang est contenu dans le cœur et les gros vaisseaux, ne détermine pas la séparation du liquide en deux parties (caillot et sérum) ; généralement le sang est ou fluide ou coagulé dans sa totalité ; parfois c'est un mélange de ces deux états, mais jamais on ne rencontre de sérum limpide. J. Davy n'a trouvé qu'un seul cas qui fît exception à cette règle. Paget a fait remarquer la lenteur de la coagulation dans les vaisseaux après la mort : elle ne commence guère, dit-il, que quatre heures après les derniers battements du cœur. Il ajoute que le sang peut même parfois être encore fluide sept ou huit heures après la mort, ce qui ne l'empêche point, en pareil cas, de se coaguler quelques minutes après sa sortie des vaisseaux. Enfin, de ses observations, poursuivies pendant plusieurs années, cet auteur conclut que le sang contenu dans les cavités du cœur au moment de la mort s'y comporte comme dans un vase, et que si la coagulation se fait avec une certaine lenteur et si la quantité de fibrine est assez considérable, les globules descendent à la partie inférieure du caillot, celui-ci étant surmonté d'une certaine masse de fibrine décolorée. Cette disposition du caillot est partout la même : les particules colorées occupent le point le plus déclive, qui est nécessairement déterminé le plus souvent par le décubitus du cadavre. — On ne saurait méconnaître l'analogie du phénomène de la coagulation dans les vaisseaux après la mort avec celui qui a été décrit plus haut : ces derniers faits, d'une part, font ressortir tout ce qu'il y a ici de physique et de mécanique ; ils éclairent, d'autre part, certains points d'anatomie pathologique.

Avant de rechercher la cause de la coagulation du sang, il nous reste à passer en revue un certain nombre de circonstances qui ont été signalées comme pouvant modifier ce phénomène.

Une expérience de Thackrah (3), par exemple, tendrait à faire supposer que la nature même du vase influe sur la proportion du caillot et du sérum : une quantité déterminée de sang reçue dans un vase de cuivre lui aurait donné un caillot proportionnel moins considérable que celui de la même quantité du même sang recueillie dans un vase d'étain. Cette différence a été niée par d'autres observateurs.

Des recherches, faites dans le but de savoir si la *température* influence la coagulation, ont amené à conclure que généralement c'est celle du corps de l'animal auquel le sang appartient qui semble le plus favoriser la prompte apparition du phénomène. John Davy (4) a observé qu'à 0° la coagulation était retardée d'une heure, tandis qu'elle était accélérée, mais d'une manière irrégulière, par une température un peu élevée : ainsi, elle avait lieu plus vite à 30° R. qu'à 20° ou 25°, et moins vite à 38° R. qu'à 25° ; en sorte qu'à un certain degré d'élévation, la chaleur aurait une action analogue à celle du froid. Gendrin (5) a remarqué

(1) *Researches Phys. and Anat.*, t. II, p. 190, 203.
(2) *London medical Gazette*, 1840, t. I, p. 618.
(3) *Ouvr. cit.*, p. 66.
(4) *Edinburgh Med. and Surg. Journ.*, t. XXX, p. 251.
(5) *Traité des inflammations*, t. II, p. 424.

aussi qu'à 0° le sérum ne se séparait pas du caillot. Enfin, d'après Scudamore (1), le froid retarde la coagulation spontanée à peu près dans la même proportion que la chaleur l'accélère.

Le contact de l'*air atmosphérique* est considéré par Hewson comme favorable à la rapidité de la coagulation, et Schrœder van der Kolk (2) admet aussi cette influence accélératrice. On a fait jouer un certain rôle à l'évaporation produite à la surface du liquide : J. Hunter (3) notamment avait observé que le sang, quand il sort lentement des vaisseaux ou s'épanche à la surface d'un vase large et plat, se coagule plus promptement. Magendie (4) a pu injecter, d'une manière lente, d'assez grandes quantités d'air dans les veines d'un animal, sans que le sang montrât plus de tendance à se prendre en caillot. On ne saurait admettre, avec Scudamore, que l'acide carbonique hâte la coagulation.

Hewson (5), en étudiant l'influence des *agents chimiques*, a constaté qu'un assez grand nombre de sels de soude ou de potasse font disparaître la coagulabilité du sang. D'après Prévost et Dumas (6), il suffit d'un millième d'une dissolution de soude ou de potasse caustique pour produire cet effet. Certains sels qui, s'ils sont employés en solution suffisamment concentrée, retardent ou même empêchent la coagulation, semblent plutôt la favoriser, si on les ajoute au sang en très petite quantité. — La bile mêlée au sang, hors du corps, l'empêche de se solidifier, d'après la remarque déjà ancienne de J. Hunter (7). — Mandl a résumé l'action d'un assez grand nombre d'autres substances sur le fluide sanguin étudié sous ce point de vue (8).

Le sang des individus qui, pendant la vie, ont été soumis à certaines influences, semble, après la mort, avoir perdu plus ou moins complétement sa coagulabilité. J. Hunter a avancé que le sang reste liquide chez les personnes frappées de la *foudre*, et Honoré (9) a rapporté un fait qui vient à l'appui de cette assertion. Il en serait de même, suivant J. Hunter, chez les animaux *surmenés* et excédés de fatigue. Cependant J. Davy, Andrew Smith et Gulliver (10), disent avoir trouvé, dans ces derniers cas, le sang tout aussi coagulable qu'à l'ordinaire, et Ch. Scudamore (11) affirme avoir toujours rencontré ce fluide coagulé chez les animaux tués par de fortes décharges électriques. Il faut donc accepter avec une certaine réserve ces cas où l'on rapporte que le sang a été trouvé liquide, chez des hommes morts à la suite d'émotions vives, de coups sur l'épigastre, ou chez des animaux forcés à la course, etc.

D'un autre côté, le sang peut se coaguler d'une manière extrêmement rapide, même sur l'animal vivant : c'est ce qu'ont observé, par exemple, Dupuy (12) et de Blainville (13), qui, après avoir injecté une petite quantité d'une émulsion de pulpe cérébrale dans le système veineux, ont vu la mort se produire en un temps

(1) *Ouvr. cit.*, p. 66.
(2) *Ouvr. cit.*, p. 11.
(3) *Œuvres complètes*, trad. franç., t. III, p. 46.
(4) *Précis élémentaire de physiologie*, 4e édit., t. II.
(5) *Ouvr. cit.*, p. 13.
(6) *Loc. cit.*
(7) *Œuvres complètes*, trad. franç. de Richelot. Paris, 1843, t. III, p. 50.
(8) Voir le *Manuel d'anat. génér.* de MANDL. Paris, 1843, p. 228 et 229.
(9) *Arch. génér. de méd.*, t. II, p. 624.
(10) *Edinb. Med. and Surg. Journal*, 1848, t. LXXVIII.
(11) *An Essay on the Blood*. London, 1824.
(12) *Gazette médicale de Paris*, 1834, p. 521.
(13) *Gaz. méd. de Paris*, loc. cit.

qui ne dépassait guère deux minutes : à l'autopsie, ils ont constaté la présence de caillots volumineux dans les cavités du cœur et dans d'autres points du système vasculaire. — D'autres cas, dans lesquels une mort plus ou moins prompte est survenue par suite du passage dans le torrent circulatoire de certains venins ou de certains poisons, ont pu paraître autant d'exemples d'une action analogue exercée sur le sang.

On connaît l'influence de l'*asphyxie* sur l'état du sang dans les vaisseaux du cadavre : dans les cas d'asphyxie où la mort ne s'est pas fait longtemps attendre, on trouve toujours ou presque toujours le sang complétement fluide ; dans les cas, au contraire, où la marche des accidents et la mort ont été lentes, on trouve assez fréquemment le sang coagulé et remplissant surtout les cavités droites du cœur.

Des expérimentateurs ont été amenés à regarder la *vitalité* et la *fluidité du sang* comme un résultat de l'action des nerfs pneumogastriques, et ont attribué à l'abolition de l'influence de ces nerfs, après leur section, le développement des coagulums qu'ils ont trouvés notamment dans les vaisseaux du poumon. D'autres observateurs ont prétendu qu'en pareil cas la coagulation du sang dans ces vaisseaux ou dans les cavités du cœur était un simple effet cadavérique. J'ai indiqué précédemment (p. 676 et suiv.) les résultats de mes expériences à ce sujet. — La section du grand sympathique cervical, sur des chevaux, a paru à Cl. Bernard (1) augmenter la coagulabilité du sang des veines jugulaires, sans augmenter néanmoins la quantité de fibrine.

La coagulation peut avoir lieu, pendant la vie, dans un assez grand nombre de cas qu'il nous suffira de mentionner : ainsi on l'observe dans les varices, dans la phlébite, l'artérite, l'anévrysme, certains états cachectiques, etc. L'étude de ce phénomène rentre alors dans un ordre de faits qui sont du domaine de la pathologie. C'est à une altération particulière du sang ou bien à l'inflammation de la membrane interne du cœur et des vaisseaux, qu'on a coutume, dans ces cas, de rapporter la coagulation, comme cela résulterait en effet des travaux de pathologistes modernes, et spécialement des recherches de François (2), Hardy (3), Bouchut (4), etc. La membrane interne du vaisseau enflammé est supposée sécréter une matière qui, mêlée au sang, lui ferait perdre sa fluidité.

Nous avons vu que, dans la coagulation, un des éléments du sang (la fibrine), auparavant fluide, se concrète et se durcit. Ce changement d'état avait fait croire à un certain dégagement de chaleur. Mais J. Hunter (5) reconnut, à l'aide d'expériences répétées, qu'il n'en est point ainsi : dans aucun cas, il ne constata la moindre élévation de température. Les résultats postérieurs et contraires, obtenus par Fourcroy (6), Gordon (7) et Scudamore (8), ont été directement contredits

(1) *Leçons sur les propr. physiol. et les altérations des liquides de l'organisme.* Paris, 1859, t. I, p. 429.

(2) *Essai sur les gangrènes spontanées.* Paris, 1832.

(3) *Des concrétions sanguines qui se forment pendant la vie dans le cœur et dans les gros vaisseaux* (thèse de concours). Paris, 1838.

(4) *Mémoire sur la coagulation du sang dans les cachexies et les maladies chroniques* (*Gazette médicale de Paris*, 1845, p. 241).

(5) *Œuvres complètes*, trad. de Richelot, t. III, p. 51.

(6) *Annales de chimie*, 1790, t. VII, p. 147.

(7) *Ann. of Phil.*, etc., t. XV, p. 139.

(8) *Ouvr. cit.*, p. 75.

par les expériences plus récentes de J. Davy (1), de Thackrah (2), de Schrœder van der Kolk (3) et de Denis (4). Ces observateurs, qui, dans leurs recherches, se sont tenus soigneusement en garde contre toutes les causes d'erreur, ont confirmé l'opinion du célèbre physiologiste anglais. S'il était d'ailleurs vrai qu'une élévation de température se fût produite lors de la coagulation, elle n'aurait pu être que bien minime, attendu qu'une très faible portion du sang (environ 3 millièmes), c'est-à-dire la fibrine seule, lui eût donné naissance en changeant d'état. La vérité est que, si l'on tient le vase dans lequel le sang se coagule, dans un bain d'eau à la chaleur du corps, on ne voit jamais le thermomètre, plongé dans le sang, changer de niveau durant la coagulation (Denis).

La *cause* de la coagulation du sang a été rapportée tour à tour au contact de l'air, au repos, au refroidissement. Comme l'a démontré J. Hunter (5), ce sont là des conditions qui, nous l'avons dit plus haut, ont plus ou moins d'influence sur la marche de ce phénomène, mais qu'on ne saurait regarder comme cause immédiate de sa production. — Puisque la coagulation s'effectue également dans le système vasculaire, dans d'autres cavités closes du corps, et dans le vide lui-même, où J. Hunter assure qu'elle est encore plus rapide qu'à l'air libre, évidemment il n'y a ici aucune part à faire à l'influence de l'*air atmosphérique*. Ajoutons que J. Davy (6), en recevant le sang sous une couche d'huile, le vit se prendre en une masse solide, comme à l'ordinaire. — Une expérience de Hunter démontre aussi que la coagulation ne repose point essentiellement sur le *refroidissement*. Ayant retiré un poisson de la mer, il en mesura immédiatement la température, et en fit écouler une certaine quantité de sang : ce fluide se coagula bientôt, quoiqu'il eût acquis une température plus élevée que celui qui, étant resté dans les vaisseaux de l'animal, s'y était maintenu liquide. Il faut encore remarquer, avec J. Hunter, que certaines parties du corps, telles que le nez, les oreilles, les extrémités des doigts, peuvent être refroidies jusqu'à la congélation, sans que le sang qui en parcourt les vaisseaux passe par la période de coagulation véritable. On connaît cette expérience, instituée par Hewson, dans laquelle du sang récemment recueilli fut congelé rapidement ; dégelé ensuite, il redevint liquide et bientôt après se coagula spontanément. Hewson (7), après avoir excisé deux portions de veine jugulaire d'un chien comprises entre deux ligatures, et avoir plongé l'une dans l'eau froide, l'autre dans l'eau tiède, constata, au bout de trois quarts d'heure, que le sang de la première était encore liquide, quand celui de la seconde était coagulé. Tous ces faits s'opposent à ce qu'on admette le refroidissement comme cause de la coagulation. — On ne saurait non plus en voir la condition essentielle dans le *repos* ou la cessation du mouvement. L'opération de la défribination du sang par le battage le prouve suffisamment ; on peut aussi rappeler les expériences de J. Davy (8), Scudamore (9), Prater (10), qui démon-

(1) *Researches Phys. and Anat.*, t. II, p. 2.
(2) *Ouvr. cit.*, p. 60.
(3) *Dissert. sistens sanguinis coagulantis historiam*, p. 58.
(4) *Recherches expérim. sur le sang*. Paris, 1830, p. 75.
(5) *OEuvres complètes*, trad. franç., t. III, p. 39 et suiv.
(6) *Research.*, etc., t. II, p. 90.
(7) *Ouvr. cit.*, p. 74.
(8) *Ouvr. cit.*, t. II, p. 64.
(9) *Essay on Blood*. London, 1824, p. 41 et 113.
(10) *Experim. Inquir. in Chem. Physiol.*, part. I, p. 17.

trent que le mouvement ne tient pas sous sa dépendance la fluidité du sang, comme l'avaient cru Lower (1) et Sénac (2). De son côté, J. Hunter (3), à la suite d'une ponction d'hydrocèle, avait vu du sang épanché dans la tunique vaginale, y séjourner plus de deux mois, et en sortir liquide lors d'une nouvelle ponction. A peine écoulé au dehors, ce sang se coagula.

Nous nous bornerons à l'énoncé de ces faits pour conclure qu'aucune des précédentes conditions, prises isolément ou combinées, ne peut être regardée comme cause essentielle de la coagulation ; que la fluidité et la constitution du sang ne sauraient se maintenir autrement qu'au contact des parties vivantes, et plus spécialement des vaisseaux dans leur état d'intégrité.

On ignore d'ailleurs quelle est la nature du phénomène de la coagulation. Nous voyons la fibrine du sang se solidifier après la mort, mais nous ne savons pas en vertu de quelle force ou de quel agent elle était liquide auparavant. J. Hunter, voyant dans la coagulation un acte de la vie du sang, comparait le travail de cohésion dans le caillot à ce qui se passe entre les lèvres d'une plaie dans la réunion par première intention. Mais, que l'on considère la coagulation comme un acte de la vie du sang ou comme un effet de la mort de ce fluide, qu'on la compare à la rigidité cadavérique, à une sorte de cristallisation, etc., il faut bien reconnaître que c'est encore là un point des plus obscurs, malgré les nombreuses recherches qu'il a provoquées jusqu'à présent.

IV. — On ne possède que des données imparfaites sur la *quantité proportionnelle du sang* : ni l'observation chez l'homme, ni les expériences sur les animaux, n'ont permis encore d'obtenir une solution entière de cette question. Toutefois les résultats approximatifs auxquels on est arrivé ne manquent pas d'un certain intérêt, et il suffira de les exposer dans leurs plus importants détails pour faire voir la difficulté d'en établir de plus précis et de plus satisfaisants.

Commençons par rappeler que la masse proportionnelle du sang est variable selon l'espèce animale, et aussi suivant l'âge, l'état de maigreur ou d'embonpoint, etc. ; que, chez le même individu, ce fluide est plus ou moins abondant selon qu'il vient de recevoir les matériaux de la digestion ou qu'il a déjà laissé échapper par les sécrétions et les exhalations une partie de ses éléments. On comprend l'importance de ces remarques : omettre d'en tenir compte, c'est s'exposer à ne résoudre le problème que d'une manière incomplète, et malheureusement la plupart des expériences sur lesquelles se fondent les résultats connus sont entachées de cette omission. Disons à l'avance que, quant aux différences entre les classes d'animaux relativement à la proportion du sang avec la masse du corps, l'examen des chiffres empruntés aux auteurs (4) paraît, jusqu'à présent, devoir interdire toute conclusion générale.

La question de la quantité du sang consiste essentiellement dans l'exposé des procédés employés pour arriver à sa solution. C'est une question tout expérimentale ; aussi la valeur des résultats est-elle subordonnée à la valeur des expériences. Ajoutons que ce sont les animaux qui en ont fourni presque toutes les données.

(1) *Tractatus de corde; item de motu et colore sanguinis*, etc. Londres, 1669, p. 173.
(2) *Traité de la structure du cœur, etc.*, t. II, p. 134.
(3) *Ouvr. cit.*, t. III, p. 48.
(4) Burdach, *Traité de physiologie*, trad. de Jourdan, t. IV, p. 119 et suiv.

La méthode qui, de prime abord, semble la plus simple et la plus capable de remplir le but, consiste à peser un animal, à le sacrifier ensuite en faisant couler son sang jusqu'au point d'amener la mort : alors on pèse le sang écoulé et l'on compare son poids au poids de l'animal quand il était vivant. C'est ainsi qu'avaient procédé quelques anciens expérimentateurs, et, parmi eux, Allen-Moulins (1), qui établit, comme conséquence de ses recherches, que la masse du sang est un vingtième du poids de l'animal. En 1822, Herbst (2), renouvelant ces expériences et ouvrant à la fois l'aorte, la carotide, l'artère crurale et les vaisseaux pulmonaires, évalue à un chiffre un peu plus élevé la quantité du liquide sanguin. Il avait, dans ce but, sacrifié divers animaux, tels que le bœuf, le chien, le lapin, le canard. Plus tard, Wanner (3), pensant que les animaux de boucherie que l'on tue dans les abattoirs par la saignée perdent ainsi tout le sang contenu dans leurs vaisseaux, rechercha quelle était la proportion du sang dans ces cas. Un bœuf pesant 750 kilogr., par exemple, lui fournit 31$^{kil.}$,50 de sang, c'est-à-dire 1/23,81 ; un mouton de 50 kilogr., 2 kilogr. de sang, ou 1/25^{e}. Sur un lapin de 3 kilogr., Wanner ne trouva que 12 grammes de sang, ou 1/25^{e}. Il crut pouvoir conclure de ses expériences que la quantité du sang, chez l'homme, varie d'un vingtième à un vingt-cinquième de la totalité du poids du corps ; que, chez l'enfant nouveau-né qui pèse environ 3 kilogr., on peut évaluer la masse du sang de 120 à 150 grammes. Un jeune âne, du poids de 79 livres, saigné jusqu'à la mort, donna à Percival (4) 5 livres et demie de sang, ou environ 1/15^{e} de son poids. On peut rapprocher de ces résultats ceux qu'a rassemblés Haller (5), et qui ont été obtenus par un procédé analogue.

Mais tous ces faits, on doit le reconnaître, sont insuffisants pour conduire à une conclusion quelque peu rigoureuse : d'un côté, ils sont incomplets à beaucoup d'égards ; de l'autre, ils sont trop peu nombreux pour donner une moyenne satisfaisante quant aux animaux, encore moins à l'homme. D'ailleurs la méthode elle-même soulève des objections qui ne sont pas sans fondements. Haller a eu raison de dire que, dans ces expériences, on ne peut obtenir la totalité du sang, qu'il en reste toujours une certaine quantité dans les organes ; et, avant lui, Allen-Moulins avait, il est vrai, tenu compte de cette dernière circonstance. Mais alors comment établir le rapport exact entre la quantité extraite et celle qui est retenue dans les vaisseaux, quand surtout l'état du sang, la contractilité vasculaire et la rapidité plus ou moins grande de la mort l'ont fait nécessairement varier ? N'existe-t-il pas aussi, chez les animaux, cette disposition qu'on observe chez l'homme, de pouvoir résister plus ou moins à la perte du sang ? Une syncope peut d'ailleurs en arrêter l'écoulement très peu de temps après qu'on l'a provoqué, etc.

Burdach (6) cite le cas, observé par Wrisberg, d'une femme pléthorique qui, ayant subi le supplice de la décapitation, fournit environ 12 kilogr. de sang. Pour suppléer à l'omission de ces auteurs, évalue-t-on à 65 ou 70 kilogr. le poids d'une femme de cette constitution, on trouve que la quantité de sang formerait à peu près un sixième du poids total du corps humain.

(1) *On the Quantity of Blood in Men* (*Philos. Trans.*, 1689, n° 191, p. 443).
(2) *Comment. hist. crit. et anat. phys. de sanguinis quantitate.* In-4. Gœttingue, 1822.
(3) *Expériences sur la quantité du sang relativement à la masse du corps chez les mammifères* (*Journal de chirurgie*, 1844, p. 232).
(4) *Œuvres complètes de* J. Hunter, t. III, p. 120. *Note de F. Palmer.*
(5) *Elem. physiol.*, t. II, p. 2 et suiv.
(6) *Traité de physiologie*, trad. de Jourdan, t. VI, p. 119.

Si les cas nombreux d'hémorrhagie, relatés dans les auteurs, sont propres à donner une idée de l'énorme quantité de sang qui peut s'échapper de l'organisme, ils ne sont, la plupart, que d'un faible secours pour résoudre la question qui nous occupe. Encore ne faut-il tenir compte que de ceux dans lesquels l'écoulement du sang a été rapide et s'est opéré en une seule fois : Haller (1), on le sait, a cité quelques faits de ce genre ; et Burdach (2) emprunte encore à Wrisberg le cas d'une femme morte de métrorrhagie après avoir perdu vingt-six livres de sang ! On ne doit pas oublier que le sang se répare, se reforme avec une rapidité dont nous ne connaissons pas exactement la mesure : négliger la portée de ce fait, c'est s'exposer à prendre la somme d'hémorrhagies successives pour l'expression de la quantité de sang normalement contenue dans l'organisme.

Ainsi, les résultats fournis par la méthode précédente sont loin d'avoir toute la précision désirable : car, d'après Allen-Moulins et Herbst, la masse du sang serait la *vingtième* partie du poids total du corps ; elle serait d'un vingtième à *un vingt-cinquième* pour Wanner ; d'un *quinzième* pour Percival ; d'un *cinquième* suivant Haller et quelques autres, tels que F. Quesnay et Fréd. Hoffmann, dont Haller a relaté les observations, etc.

Valentin (3) a cherché à résoudre le problème par une autre voie. Le procédé qu'il a suivi consiste à pratiquer une saignée à un animal, puis à injecter dans ses veines une quantité connue d'eau salée, et à répéter la saignée aussitôt après. Alors on détermine la quantité de matières solides contenues dans ces deux saignées, et, comparant la proportion de ces matières et de l'eau qui existe dans chacune d'elles, on en déduit par le calcul la quantité de sang avec laquelle cette eau a été mêlée dans les vaisseaux. Valentin, ayant varié ses expériences sur des chiens, des chats, des brebis et des lapins, en conclut que le rapport entre le poids du corps et celui du sang est constant dans la même espèce de mammifère. Il trouva, par exemple, que, chez le chien, le sang était 1/4,5, chez le chat 1/7,78 du poids du corps ; de plus, il crut remarquer que les mâles avaient une quantité relative de sang un peu plus grande que les femelles.

En appliquant à l'homme ces données, spécialement celles qui ont été fournies par les chiens, Valentin évalue à un peu moins d'*un cinquième* ($\frac{23}{100}$) le poids proportionnel du sang et du corps. Cette évaluation se rapproche beaucoup, comme on le voit, de celle de Haller, et concorde aussi avec le cas de Wrisberg, où le sang avait été recueilli après la décapitation.

A l'aide d'un procédé fondé sur un principe analogue à celui de Valentin, Blake (4) fit quelques expériences qui l'amenèrent à conclure que, chez le chien, le sang forme un tiers ou un neuvième du poids total de son corps. A cet effet, il injectait dans les veines de l'animal une certaine quantité de sulfate d'alumine, puis dosait ce sel dans une quantité connue de sang.

Les expériences de Valentin et de Blake ne sont pas décisives. On peut croire que la quantité de solution de chlorure de sodium ou de sulfate d'alumine employée n'est point toute restée dans le sang, que les tissus eux-mêmes en ont

(1) *Ouvr. cit.*, t. II, p. 4 et 5.
(2) *Ouvr. cit.*, t. VI, p. 119.
(3) *Versuch über die in dem thierischen Körper enthaltene Blutmenge* (*Repertorium für Anat. und Physiol.*, 1837, Bd. II, p. 281).
(4) *Philadelphia Medical Examiner*. August, 1849.

retenu une partie, ou qu'il s'en est échappé quelque peu par les voies éliminatoires : dès lors les termes de la comparaison ne sont plus exacts. D'un autre côté, il faut encore tenir compte du changement que doit nécessairement exercer sur la constitution du sang l'addition de la substance injectée, dont le mélange avec le sang peut aussi n'être qu'imparfait. Quelle que soit la valeur de ces objections, les résultats des expériences n'en sont pas moins à enregistrer.

Sur deux suppliciés par décapitation, Lehmann et Ed. Weber (1) ont cherché, par un procédé encore analogue à celui de Valentin, à évaluer la quantité relative du sang. Il nous suffira de dire que, chez l'un d'eux, ils trouvèrent qu'elle était au poids du corps dans le rapport d'*un huitième*.

Nous ne ferons que mentionner les procédés de Herbst (2) et de Weisz (3): le premier fondé sur l'injection de tout le système vasculaire par une matière solidifiable, et le second reposant sur la recherche, par incinération, de la quantité de fer contenue dans la masse du corps, et comparée à la proportion de ce métal pour une quantité de sang déterminée. L'un et l'autre n'ont paru conduire qu'à des résultats peu satisfaisants. — Le procédé de Vierordt (4), d'une exécution délicate, n'a peut-être aussi qu'une valeur contestable. — Quant à celui dont Welcher (5) s'est servi, nous rappellerons qu'il consiste à épuiser le corps de tout le sang qu'il contient, par la saignée et le lavage : cette opération se fait dans une quantité d'eau connue où est reçu tout ce qu'il peut y avoir de sang renfermé dans les vaisseaux et les différents tissus. Alors recherchant, par un procédé chromométrique, la quantité d'hématosine obtenue, on la compare avec le nombre de globules de sang humain qu'on emploie à colorer avec la même intensité la même quantité d'eau.

Welcher a été ainsi conduit à des résultats qui ne diffèrent guère de ceux qu'avait admis Valentin, pour l'homme : il évalue un peu moins haut la quantité proportionnelle du sang, et avance que, parmi les animaux vertébrés, les plus faibles sont ceux chez lesquels ce liquide est relativement le moins abondant. Tels seraient, en général, les reptiles et les animaux hibernants. Ajoutons que Th. Bischoff (6), appliquant au cadavre d'un supplicié le procédé de Welcher, a trouvé que la quantité du sang n'était que la *douzième* partie du poids total du corps.

On voit, par ce qui précède, combien sont variables les résultats des divers procédés qui ont servi à déterminer la quantité proportionnelle du sang. Nous avons signalé plusieurs causes de ces différences; et nous rappellerons que Cl. Bernard (7) les a surtout rapportées à ce que, dans les expériences, on a négligé de tenir compte de l'état de l'animal, selon qu'il est à jeun ou en digestion. Pour ce physiologiste, la quantité de sang dans ces deux conditions peut, chez le même animal, varier du simple au double. C'est ce que lui ont appris quelques expériences dans lesquelles il avait pratiqué la décapitation ou une simple soustraction de sang. Comme preuve indirecte de ce fait, il ajoute que l'injection d'un poison dans les veines tue plus

(1) LEHMANN, *Lehrbuch der physiologischen Chemie*, 1853, t. II, p. 234.
(2) *Comment. de sanguinis quantitate*, p. 53.
(3) HELLER'S *Archiv für Physiol. und Path. Chemie und Mikrosc.*, 1837, t. IV, p. 561.
(4) *Beiträge zur Physiol. des Blutes* (*Arch. für physiol. Heilkunde*, 1854. t. XIII, p. 274.
(5) *Blutkörperchenzählung und farbeprüfende Methode* (*Vierteljahrsschrift fur die praktische Heilkunde, herausgegeben von der med. Fac. in Prague*, 1854, t. IV, p. 11, t. XXXIV).
(6) *Zeitschrift*, etc., von SIEBOLD und KÖLLIKER, 1855, t. VII, p. 331.
(7) *Leçons sur les propriétés physiologiques et les altérations des liquides de l'organisme.* Paris, 1859, t. I, p. 419.

rapidement l'animal à jeun que celui qui est en digestion. « Ce qu'on s'explique, dit-il, parce que, pour que l'effet toxique ait lieu, il faut qu'il y ait entre la quantité du sang et celle du poison un rapport qui est toujours le même, rapport atteint d'autant plus vite que le sang est en moindre quantité. »

Évidemment, dans l'examen du problème qui vient de nous occuper, il faut tenir compte à la fois de la nature des faits, des conditions de l'expérience et de la valeur du mode d'évaluation. Aujourd'hui la science ne possede que des données approximatives, qui sont loin d'avoir été recueillies en observant de pareilles précautions.

Quant aux causes qui peuvent augmenter ou diminuer d'une manière plus ou moins durable la quantité relative de la masse sanguine, telles que le régime, les hémorrhagies, etc., il en sera fait mention plus loin, à propos de l'étude des *variations de composition du sang*. Nous passerons donc immédiatement à l'examen d'une question qui se rattache assez étroitement à celle que nous venons de traiter : nous voulons parler de la *transfusion du sang*.

V. — On sait quel retentissement eut, vers le milieu du XVII^e siècle, l'opération de la transfusion du sang : après avoir inspiré des espérances excessives, elle fut abandonnée, proscrite au nom de la loi. Aujourd'hui, elle a repris dans la science une place que lui assure son importance incontestable aux yeux du physiologiste et du médecin. C'est d'ailleurs aux recherches modernes qu'elle doit presque tout son nouvel intérêt. Sans passer ici en revue les essais de Rob. Boyle (1), de Fracassati (2) et Lower (3), sur les animaux, arrivons à ce qu'on peut appeler le point culminant de l'histoire de la transfusion, c'est-à-dire l'application de cette opération à l'homme. C'est J.-B. Denis (4) qui la pratiqua, le premier, à Paris, le 15 juin 1667 : il connaissait les expériences de Lower sur les animaux, les avait répétées et en avait fait de nouvelles, quand il se décida à injecter, dans les veines d'un jeune malade, huit onces de sang artériel d'un agneau. Cette même année, chez deux autres hommes, Denis reproduisit, encore avec succès, la même opération à l'aide du sang artériel de veau. Le sujet de l'une de ces épreuves était un maniaque dont l'agitation et le délire étaient extrêmes depuis quatre mois : après l'injection de 600 grammes de sang de veau, faite en deux fois et à deux jours d'intervalle, « cet individu a paru beaucoup plus calme qu'auparavant, dit Denis, et peu à peu son esprit s'est remis, en sorte qu'il n'a maintenant aucun reste de folie ». Ces premiers succès, cette innocuité d'une opération en apparence redoutable, enhardirent immédiatement les expérimentateurs : en novembre 1667, Lower et Ed. King (5) firent passer dans les veines d'un homme bien portant le sang de la carotide d'un mouton, et l'opéré n'en éprouva, disent-ils, qu'un sentiment de bien-être; de leur côté, Riva (6), P. Manfredi (7), Major (*), etc., s'em-

(1) *Philos. Trans.*, 1665, t. 1, p. 129.
(2) MALPIGHI et FRACASSATI *Tetras anatom. epistol.* Bologne, 1665, in-12.
(3) *Tractatus de corde ; item de motu et colore sanguinis*, etc. Londres, 1669, in-8.
(4) *Journal des Savants*, 1667, p. 134.
(5) *Philos. Trans.*, 1667, p. 203.
(6) *Ephem. nat. curios.*, dec. I, ann. 1, obs. 149.
(7) *De nova et inaudita med. chir. observ., sanguin. transfund.* Romæ, 1668, in-4.

(*) J.-D. MAJOR (*Prodromus a se inventæ chirurgiæ infusoriæ*, etc., Leipzig, 1664, in-8), né à Breslau, en 1634, s'est donné à tort comme l'inventeur de la *transfusion du sang*. On ne peut

pressèrent de publier des succès analogues. Toutefois, bientôt des accidents furent signalés : ils parurent même devenir assez fréquents et assez graves pour que le parlement de Paris et la cour de Rome dussent intervenir, en 1668, et défendre la transfusion. Le malade opéré par Denis était redevenu fou, et avait succombé dans une nouvelle opération.

Après un intervalle de plus d'un siècle, l'étude de la transfusion fut reprise par Harwood (1), qui insista principalement sur ce fait que les animaux dans les veines desquels on transfuse du sang d'animaux d'une espèce différente succombent généralement quelques jours après l'opération.

Avec Blundell (2), Prévost et Dumas (3), la question de la transfusion est entrée dans une nouvelle phase : ce sont surtout les travaux de ces expérimentateurs, et de ceux qui les ont suivis, tels que Dieffenbach (4), Th. Bischoff (5), Brown-Séquard (6), etc., qui ont donné à cette opération l'intérêt qu'elle a justement recouvré au double point de vue de la thérapeutique et de la physiologie.

Le principe sur lequel on fait généralement reposer la transfusion du sang est que cette opération, pour remplir le but qu'on se propose, doit être faite avec le sang d'un animal de la même espèce que celui sur lequel elle est pratiquée. C'est la conclusion la plus directe qu'on ait cru devoir tirer des nombreuses expériences auxquelles se sont livrés les physiologistes, et ce n'est guère que quand ils ont eu établi cette règle, qu'il a paru possible de déterminer la valeur de la transfusion et d'en faire avec quelque sécurité l'application à l'homme. Toutefois un certain nombre de faits semblent contraires à cette règle : ainsi Ed. King transfuse du sang de veau à un mouton épuisé par hémorrhagie, et le succès couronne l'opération. On lit dans Scheel (7) que des brebis exsangues ont été rappelées à la vie par l'injection de sang de veau dans leurs veines. La première transfusion faite par Denis sur l'homme fut heureuse, et elle avait été pratiquée avec du sang d'agneau. Celle que Lower et King firent aussi avec succès sur un homme en pleine santé, le fut avec du sang de mouton. Il est vrai que dans ces cas et d'autres analogues, les conditions de la transfusion ne nous sont pas connues dans tous leurs détails : pour plusieurs de ces cas, la quantité de sang injecté a été très faible, et n'a constitué qu'une légère substitution ; et, pour un certain nombre d'autres, l'issue définitive de la transfusion a été fatale. Seulement, ce n'est qu'après un temps variable que

douter que, avant lui et Lower, le célèbre alchimiste ANDRÉ LIBAVIUS, qui vivait au XVI[e] siècle, n'ait préconisé cette opération et qu'il ne l'ait regardée comme un moyen de guérison et de rajeunissement. Elle est décrite avec toute la clarté désirable dans le passage suivant de son *Appendix necessaria syntagmatis arcanorum chymicorum*, cap. IV (Erfurt, 1615, in-fol.) : « Adsit juvenis » robustus, sanus, sanguine spirituoso plenus ; adsit et exhaustus viribus, tenuis, macilentus, vix » animum trahens..... Magister artis habeat tubulos argenteos inter se congruentes ; aperiat arteriam » robusti et tubulum inserat muniatque ; mox et ægroti arteriam findat, et tubulum fœmineum » infigat, et jam duos tubulos sibi mutuo applicet, et ex sano sanguis arterialis calidus et spirituosus » saliet in ægrotum, unamque vitæ fontem afferet, omnemque languorem pellet. »

(1) *Philos. Trans. Abr.*, t. I, p. 185, note.
(2) *London Med. Chir. Transact.*, 1818, t. IX, p. 56.
(3) *Biblioth. univ. de Genève*, t. XVII, p. 306.
(4) RUST'S *Magazin für die gesammte Heilkunde*, 1830, t. XXX.
(5) MULLER'S *Archiv*, 1835, p. 347 ; 1838, p. 351.
(6) *Rech. expérim. sur la faculté que possèdent certains éléments du sang de régénérer les propriétés vitales* (*Compt. rend. de l'Acad. des sciences de Paris*, 1855, t. XLI, p. 629).
(7) *Die Transfusion des Blutes*, 1802-3, t. I, p. 136.

les animaux ont succombé, comme l'ont observé Harwood (1), Blundell (2), Ed. King (3), Leacock (4), etc.

Les exemples d'insuccès deviennent plus marqués et la mort est plus rapide à mesure que la différence entre les animaux sur lesquels on opère devient plus grande : les expériences de Prévost et Dumas (5) peuvent être invoquées à l'appui de cette proposition. Le sang de veau ou de mouton, transfusé à des chats ou à des lapins d'abord privés de presque tout leur sang, n'a réveillé la vie que temporairement, et les animaux n'ont pas tardé à succomber après avoir présenté des troubles complexes. On trouve dans l'ouvrage de Blundell (6) des cas analogues. Mais c'est surtout en injectant à des oiseaux du sang de mammifères, que Prévost et Dumas ont vu la mort survenir très vite au milieu de symptômes convulsifs; et ces faits se sont reproduits dans les expériences de Gaspard (7), de Dieffenbach (8) et de Bischoff (9). Burdach (10) les a presque tous enregistrés.

On voit donc quelle influence importante semble exercer sur le résultat de la transfusion le degré de différence entre les espèces. Cette différence n'existant plus, l'innocuité et le succès ont paru de plus en plus assurés : ainsi Lower avait fait passer dans les veines d'un petit chien du sang emprunté à deux gros chiens, sans que cet animal succombât; — un chien dans la carotide duquel Bichat (11) avait fait passer le sang de la carotide d'un animal de même espèce, n'en éprouva qu'un léger trouble ; — les chiens que Harwood avait saignés jusqu'à syncope complète furent toujours rendus à la vie et à la santé, quand il se servait du sang de chien pour opérer la transfusion, etc.

Toutefois une expérience de Milne Edwards (12) et Delafond tend à faire admettre qu'il suffirait que les deux animaux, entre lesquels se pratique la transfusion, fissent partie d'un même groupe naturel, bien qu'appartenant à des espèces distinctes : ainsi un âne, rendu presque exsangue, reçut dans ses veines une quantité considérable de sang de cheval, se ranima et se rétablit d'une manière permanente.

Dans l'opération de la transfusion, après avoir choisi des animaux de même espèce, il est bon, sinon indispensable, de se servir de sang préalablement défibriné par le battage, en donnant peut-être la préférence au sang veineux sur le sang artériel. N'injecter que peu de ce liquide à la fois, sans mélange avec une quantité trop notable d'air, est une précaution qu'on ne saurait surtout négliger.

S'il est vrai, comme le démontrent suffisamment les faits, que chez l'homme ou l'animal épuisé par une abondante hémorrhagie, l'injection d'une quantité de sang nouveau, *bien inférieure d'ailleurs à celle qui a été perdue*, ranime la vie presque éteinte, il est intéressant de connaître auquel de ses éléments ce liquide doit sa propriété vivifiante. A cet égard, les expériences de Prévost et Dumas (13) ont appris

(1) *Phil. Trans. Abr.*, t. I.
(2) *Ouvr. cit.*, p. 82 et suiv.
(3) *Loc. cit.*
(4) *Dissert. inaug. de hæmorrhagia et transfusione.* Edinburgh, 1817.
(5) *Biblioth. univ. de Genève*, t. XVII, p. 306.
(6) *Researches Physiol. and Pathol.*, p. 84.
(7) *Journal de physiol.* de MAGENDIE, 1822, t. II, p. 338.
(8) *Loc. cit.*
(9) *Loc. cit.*
(10) *Traité de physiologie*, trad. franç., t. VI, p. 400 et suiv.
(11) *Recherches physiol. sur la vie et la mort*, 1813, p. 167.
(12) *Leçons sur la physiol. et l'anat. comp.* Paris, 1857, t. I, p. 326.
(13) *Biblioth. univ. de Genève*, t. XVII, p. 226.

que c'est aux globules qu'il faut la rapporter. Si, en effet, dans les veines d'un animal auquel on a fait subir une grande perte de sang, on injecte du sérum (liquide dépouillé de fibrine et de globules), on n'obtient aucun signe de révivification; une injection d'eau tiède ne donne pas un autre résultat. Quand, au contraire, on injecte du sang privé de sa fibrine par le battage, mais conservant ses globules intacts, l'animal est rappelé à la vie. Ces faits, confirmés par Dieffenbach, Bischoff, etc., ne laissent aucun doute sur le rôle nécessaire des globules sanguins dans la transfusion.

Nous avons vu, plus haut, que, d'après Prévost et Dumas, le sang des mammifères transfusé aux oiseaux agirait en quelque sorte comme un poison. Pour expliquer cette action nuisible, on avait d'abord invoqué la différence de forme et de volume entre les globules de ces animaux; mais, depuis les recherches de Bischoff (1), c'est à la présence de la fibrine coagulable qu'on tend plutôt à l'attribuer. En effet, cet expérimentateur dit avoir pu, sans résultats fâcheux, injecter du sang défibriné de mammifères à des oiseaux, et réciproquement; fait constaté, depuis, par d'autres physiologistes. D'un autre côté, Bischoff assure également avoir reconnu que le sang veineux, dans la transfusion entre ces deux classes d'animaux, diffère du sang artériel, quant aux effets produits: du sang veineux de chien, injecté à une poule, la tue, tandis que du sang artériel la laisse survivre.

Les faits de *transfusion du sang*, pratiquée de l'homme à l'homme avec plus ou moins de succès, sont assez nombreux aujourd'hui; leur appréciation rentre dans le domaine de la thérapeutique. De cette importante opération, nous n'avions à exposer ici que ce qui intéresse plus directement la physiologie.

VI. — Diverses théories ont été proposées pour rendre compte de l'action vivifiante et de l'importance physiologique des globules rouges du sang, si bien démontrées par les faits qui précèdent.

La plupart des physiologistes admettent aujourd'hui: 1° que, dans la respiration, l'oxygène atmosphérique se trouve absorbé *surtout* par ces globules; et quelques-uns croient, 2° qu'il entre en combinaison plus spécialement avec leur hématosine ou matière colorante. Or, quand on se rappelle que l'oxygène représente l'agent nécessaire de toutes les réactions physico-chimiques de l'économie, on pressent aussitôt quelle importance doit avoir l'élément organique chargé de son absorption. Le premier de ces faits tend à ressortir d'expériences qui ont consisté, après avoir battu, au contact de l'oxygène, du sang défibriné et encore pourvu de globules, à reconnaître que ce liquide possède, en effet, à l'égard du principe vivifiant de l'air, un pouvoir absorbant presque double de celui que possède un même volume de sérum, sans globules, battu dans le même milieu. Quant au second fait, c'est-à-dire la combinaison particulière de l'oxygène avec l'hématosine, on sait le grand rôle attribué à l'élément principal de cette matière colorante, au *fer* (*). On a supposé que ce métal existe à l'état de protoxyde dans le sang veineux, et à l'état de peroxyde dans le sang artériel. Les changements de couleur que le sang éprouve dans les poumons seraient l'effet d'une *suroxydation*, et ceux qu'il subit dans la

(1) *Rec. cit.*, p. 347.

(*) L'*hématosine*, substance composée d'oxygène, d'hydrogène, de carbone et d'azote, renferme une grande proportion de *fer* (environ 7 pour 100), qu'on obtient par incinération à l'état d'oxyde de fer.

circulation générale, notamment dans les vaisseaux capillaires, seraient l'effet d'une *réduction*.

Quoi qu'il en soit de cette dernière manière de voir qui, on doit l'avouer, est dépourvue de preuves suffisantes, il faut admettre que l'oxygène du sang, s'il est de préférence uni aux globules, s'y est engagé dans une combinaison peu stable qui ne l'empêche pas d'attaquer ultérieurement les matériaux combustibles du sang, mais qui sert uniquement à fixer cet agent et à faciliter son transport dans le torrent circulatoire : la force qui retient l'oxygène dans le globule est même assez faible pour permettre à ce gaz de se dégager en totalité, ou du moins en très grande partie, quand on soumet le sang à l'action du vide. — Chacun sait que parfois on est obligé d'ajouter du *fer* aux aliments pour remédier à une altération fondamentale du sang, qui consiste dans l'appauvrissement de ses globules. La proportion trop minime de ce principe minéral amène les désordres les plus graves dans la santé. Ses usages doivent, en effet, être des plus importants, puisqu'on le découvre aussi jusque dans les cendres du lait et de l'œuf. Mais, jusqu'à présent, ils sont loin d'avoir été suffisamment expliqués, et, à leur sujet, la science ne possède encore que des données bien incertaines. Serait-ce qu'en pareil cas un des principaux éléments de fixation de l'oxygène étant amoindri, la quantité absorbée de ce fluide deviendrait par cela même insuffisante pour présider convenablement au travail moléculaire permanent dont le sang est le siége ; pour développer, comme à l'état normal, certains principes immédiats ou pour en détruire d'autres, etc. ? Et, partant, serait-ce là l'origine des troubles de nutrition et d'innervation qu'on observe particulièrement dans la chloro-anémie ?

Si, dans certaines expériences de transfusion, il a été constaté que l'intégrité des globules était nécessaire pour que le sang pût régénérer les propriétés vitales des différents tissus, il a pu paraître vraisemblable que cela a dépendu, au moins en partie, de ce que les globules altérés ne portaient pas autant d'oxygène aux tissus que les globules normaux (1). — Il est dès lors permis de se demander si du sérum qu'on aurait artificiellement chargé d'oxygène, ne posséderait point, dans la transfusion, un pouvoir vivifiant analogue à celui des globules qui renferment naturellement ce fluide. Je ne sache pas que cette expérience ait été faite jusqu'à présent.

Les globules rouges étant considérés comme la partie nutritive et vivante du sang, on a imaginé qu'ils s'appliquaient tour à tour aux parois vasculaires, se modifiaient à leur contact, et que, après les avoir traversées, ils venaient disparaître dans le parenchyme ou la trame des organes pour concourir directement à leur nutrition. Il n'est pas besoin de faire remarquer qu'une pareille vue sur la destination des globules sanguins est purement hypothétique.

Assimilant les globules rouges à des cellules glandulaires qui, une fois parvenues à un certain degré de développement, crèvent en laissant échapper leur contenu, on a pensé que ces globules, après avoir attiré certaines substances du plasma, les métamorphosaient, puis les lui restituaient modifiées, en s'évanouissant eux-mêmes. On cherchait à expliquer ainsi comment, bien qu'ils ne soient pas directement

(1) BROWN-SÉQUARD, *Journal de physiologie de l'homme et des animaux*, oct. 1858, t. I, p. 734. — *Comptes rendus de l'Acad. des sc. de Paris*, 1851, t. XXXII, p. 855 ; — *Ibid.*, 1855, t. XLI, p. 629.

nourriciers, les globules rouges constituent néanmoins la portion vivifiante du sang, comme le démontrent en effet les expériences comparatives de transfusion avec du simple sérum ou avec du sang battu, c'est-à-dire pourvu de ses globules.

Du reste, le développement des globules rouges du sang s'effectue sans doute d'après la même loi que celui des autres cellules, c'est-à-dire qu'en effet ils absorbent dans le milieu où ils sont plongés (plasma) les matériaux de leur accroissement, et qu'ils y excrètent des produits nouveaux formés par suite de cette absorption. Ces produits diversifiés, d'abord rejetés dans le plasma par les globules, seraient enlevés, ultérieurement, par les organes dépurateurs, tels que le foie, les reins et la peau, auxquels s'associent les poumons, comme autres voies d'élimination de l'eau et de l'acide carbonique.

Partant de ce principe que des composés fixes et définitifs, comme l'urée et l'acide urique, par exemple, ne sauraient être le produit du plasma qui varie dans sa constitution avec les modes d'existence et le genre de nourriture, on a supposé que ces produits devaient provenir des globules qui, bien que différents dans leur forme, offrent une grande analogie, sinon une identité de composition, dans le sang de tous les animaux. L'urée ou une substance azotée représentée par ce composé, séparée du sang par les reins, serait donc, suivant cette hypothèse, une *excrétion* des globules dans le plasma.

Il nous paraît superflu de passer en revue d'autres théories émises sur le rôle des globules hématiques, attendu qu'aucune d'elles ne saurait être regardée comme satisfaisante et fondée sur des expériences positives.

Quant à la *vitalité* attribuée à ces globules, nous sommes de ceux qui croient devoir l'admettre, sans néanmoins nous en rapporter aux interprétations des observateurs qui disent avoir aperçu une sorte de tourbillon spontané de ces particules dans le sang récemment sorti des vaisseaux, ou bien des mouvements comme convulsifs dans l'ensemble de ce fluide en voie de coagulation, etc. Attendu la longue durée qu'ils assignent à de pareils phénomènes après la mort, il paraît bien difficile de voir là autre chose qu'un résultat dû à l'évaporation, à des modifications de température ou à des courants endosmotiques. Mais, en dehors de cela, combien de preuves n'a-t-on pas qui décèlent une activité physiologique dans les globules sanguins? En étudiant leur formation et leur renouvellement, nous allons voir ces corpuscules être le siége d'actes en tout semblables à ceux qui caractérisent la vie dans les autres éléments organiques.

En même temps nous dirons alors quel rôle problématique on a fait jouer aux *globules blancs* du sang.

VII. — Les études embryogéniques démontrent qu'entre les deux feuillets du blastoderme, au niveau de l'*area vasculosa*, il existe un plasma organisable, une matière plus ou moins fluide contenant des vésicules en voie de développement. *C'est là que se forment et le sang et les premiers vaisseaux.* D'après Reichert (1), etc., les premières cellules sanguines ne se différencieraient en rien de toutes les autres cellules, qui sont rondes, composées de fines granulations et d'un nucléus granulé renfermant un nucléole. Le nucléus des globules sanguins serait, au dire de

(1) *Entwickelungsleben im Wirbelthierreich*. Berlin, 1840, in-4.

C. H. Schultz (1), la partie qui apparaîtrait la première, celle autour de laquelle se formerait une vésicule.

Quoi qu'il en soit de cette dernière opinion, on voit, dans le liquide existant entre les deux feuillets du blastoderme, un certain nombre de cellules se mouvoir au milieu d'autres qui conservent leur position et finissent par se souder entre elles. Celles-ci forment les parois vasculaires; celles-là sont les *globules primordiaux* du sang, que, par leur forme, leur volume et leur constitution, nous avons déjà dit être différents des globules sanguins d'un embryon plus âgé, et surtout d'un adulte.

Quant à l'origine des premiers globules du sang chez l'embryon, on ne peut guère admettre avec Baumgaertner (2), C. H. Schultz (3) et Th. Bischoff (4), qu'ils soient réellement des cellules du jaune; ni même avec Reichert (5), qu'ils proviennent secondairement des petites cellules vitellines. Nous verrons, dans une autre partie de cet ouvrage, les raisons qui militent contre cette manière de voir. Les globules sanguins proviennent de créations blastodermiques, c'est-à-dire de l'évolution et du développement du germe ou de la cicatricule. Dans leur formation, ils ne dépendent d'aucun organe particulier, et se produisent avant que les vaisseaux, avant que les glandes ne soient formés. La préexistence du sang aux vaisseaux, dans la membrane blastodermique de l'œuf, est en effet admise par le plus grand nombre des observateurs.

Le sang des vertébrés, dans sa première période de formation, est d'abord incolore; bientôt il devient jaunâtre, puis rouge. Cette apparition dans les globules de l'hématosine ou matière colorante a motivé, jusqu'à un certain point, leur comparaison avec les utricules glandulaires, siége de la sécrétion. — Les globules rouges se montrent d'ailleurs, dans l'*area vasculosa* du blastoderme, avant les globules blancs, ce qui contrarie la supposition des auteurs faisant provenir les premiers d'une métamorphose des seconds.

D'après ce qui précède, c'est donc au sein du plasma, et à une période bien peu avancée du travail embryogénique, que naissent les globules rouges ou hématiques qui doivent continuer à trouver dans ce fluide les matériaux de leur accroissement ultérieur. Quant à la question de savoir si ces corpuscules primordiaux s'y sont constitués de toutes pièces, ou s'ils se sont détachés de la surface des tissus en voie de formation et dont la substance est en contact avec le plasma organisable, il reste encore de l'incertitude dans l'esprit de la plupart des micrographes.

Nul doute que, chez les vertébrés *adultes*, les globules rouges du sang, qu'on regarde comme les parties vivantes de ce fluide, ne disparaissent et ne se détruisent sans cesse, pour se réparer et se reproduire au fur et à mesure de leur destruction. Il en est de même du plasma.

« Comme dans la respiration (qui consomme de l'hydrogène et du carbone et » qui fournit du calorique), c'est la substance même de l'animal, c'est le *sang*, dit » Lavoisier (6), qui fournit le combustible; si les animaux ne réparaient pas habi- » tuellement par les aliments ce qu'ils perdent par la respiration, l'huile man-

(1) *Das System der Circulation*, etc. Stuttgart, 1836, p. 30 et suiv.
(2) *Ueber die Nerven und das Blut*, etc. Freiburg, 1830, p. 46.
(3) *Loc. cit.*
(4) *Développement de l'homme et des mammifères*, trad. franç. de Jourdan, p. 288.
(5) *Ouvr. cit.*, p. 139.
(6) *Mém. de l'Acad. des sciences de Paris*, année 1789, p. 570 et suiv.

» querait bientôt à la lampe, et l'animal périrait, comme une lampe s'éteint lors- » qu'elle manque de nourriture. »

Le *chyle* et la *lymphe* sont les deux fluides qui ont pour usage commun de contribuer à la rénovation du sang. Toutefois, quand on considère que le chyle résulte de la transmutation de différents matériaux pris en dehors de l'organisme, tandis que la lymphe est une sorte de chyle formé aux dépens de la propre substance de l'animal lui-même, on ne peut s'empêcher d'assigner à ces deux liquides une différence dans leur importance respective pour la régénération du fluide sanguin. Il est manifeste que, vu son origine et sa composition corrélative, le chyle doit contribuer à cette régénération autrement et plus efficacement que la lymphe, qui, n'ajoutant rien à l'organisme, lui emprunte au contraire les éléments dont elle est formée. Ajoutons que d'ailleurs l'existence de la lymphe et de ses vaisseaux ne se rattache au travail de la nutrition que chez les vertébrés, qui seuls, en effet, sont pourvus de ce fluide; tandis que les matières nutritives équivalentes au chyle se retrouvent dans les vaisseaux de l'intestin des animaux dépourvus de chylifères. Dans les animaux supérieurs, l'acte duquel résulte la lymphe ne paraît donc être qu'un moyen complémentaire à l'aide duquel les matériaux enlevés à l'économie, dans le travail nutritif, lui sont rendus avec des qualités nouvelles, avec une aptitude réparatrice déterminée; aussi voit-on la lymphe, tout en conservant sa destination propre, être en communauté d'action avec le sang veineux et offrir une direction parallèle à la sienne. Elle ramène, comme lui, divers éléments du sang artériel au centre circulatoire, se charge de molécules organiques qui momentanément ont perdu l'aptitude de concourir à la structure des parties, et enfin, plus spécialement dans le canal intestinal, sert, comme le sang veineux, de véhicule à des matériaux étrangers introduits par l'absorption.

Si la lymphe et le chyle (aussi bien que les produits liquides de la digestion absorbés par les veines intestinales) n'offrent pas, comme le sang lui-même, les qualités d'un fluide directement nutritif, on sait qu'ils peuvent, après leur mélange avec lui, les acquérir bientôt au contact de l'air par l'entremise de la respiration : de là le grand intérêt qui s'attache à l'étude comparative de tous les faits relatifs à ces trois liquides.

C'est en pratiquant des fistules au canal thoracique vers son abouchement dans les veines sous-clavières ou jugulaires internes, qu'il est possible de se faire quelque idée de la quantité énorme de liquide (lymphe ou chyle) que le système lymphatique introduit, sans interruption, dans le sang : une vache de taille moyenne a fourni, en vingt-quatre heures, par une pareille fistule, jusqu'à 95,386 grammes des précédents fluides, c'est-à-dire environ un hectolitre (1) ! — En rapprochant un pareil fait des cas d'hémorrhagies abondantes et *répétées* qui, dans un certain laps de temps, ont amené la perte d'une quantité de sang bien supérieure à celle qui existe dans l'organisme, on ne saurait évidemment trouver une meilleure preuve pour établir que le sang est en effet dans un état de perpétuelle mutation, et qu'il doit se renouveler sans cesse avec les matériaux que charrient les lymphatiques de l'intestin (chyle), comme avec ceux que les lymphatiques généraux puisent dans le sein des divers organes (lymphe) ; matériaux auxquels s'ajoutent encore, comme autre source importante de réparation du sang, les matières organiques, solubles et alimentaires, que les veines elles-mêmes puisent dans le tube digestif.

(1) COLIN, *Traité de physiol. comp. des animaux domestiques*. Paris, 1856, t. II, p. 106.

Or, comme la lymphe et le chyle apportent continuellement de nouveaux corpuscules au sang, le nombre des corpuscules nageant dans ce fluide devrait peu à peu s'accroître à l'infini, si les globules qui sont plus anciennement développés ne disparaissaient pas d'une façon quelconque du torrent circulatoire. Cette disparition a lieu certainement, mais on ignore comment elle s'opère, si c'est par dissolution ou par résorption ; si, en changeant d'aspect, de dimensions, de consistance et de constitution, les globules hématiques donnent naissance à quelque tissu ou à quelque produit particulier de l'organisme ; on n'est guère mieux renseigné sur la durée normale de leur existence avant qu'ils soient remplacés par d'autres globules semblables. Enfin, sur le lieu de leur destruction et de leur régénération on a émis diverses opinions que bien des auteurs ne considèrent encore que comme autant d'hypothèses.

Nous avons déjà dit que la supposition avait été faite que les globules rouges, étant la partie nutritive et vivante du sang, s'appliquaient aux parois vasculaires, se modifiaient à leur contact, et, après les avoir traversées, venaient disparaître dans le parenchyme ou la trame des organes pour concourir directement à leur nutrition. Ce résultat supposé de l'observation microscopique n'a pu supporter le contrôle des investigateurs modernes.

C. H. Schultz (1) admet que les corpuscules colorés du sang, au moins ceux qu'il regarde comme superflus et inactifs, disparaissent pour être employés à la formation de la bile ; hypothèse que rien ne justifie. Mais le même physiologiste (2) et H. Nasse (3) ont fait cette remarque intéressante, que par suite d'une abstinence prolongée les précédents globules se décolorent, se déforment et disparaissent graduellement, en l'absence des éléments nécessaires à leur renouvellement. Il en est de même dans beaucoup de cas morbides où le travail de désassimilation continuant, celui d'assimilation cesse faute de l'élaboration des matériaux indispensables à la rénovation des divers principes immédiats du sang. Peu à peu les globules rouges eux-mêmes s'atrophient, pâlissent et finissent par se résorber ou se dissoudre tout à fait ; de là une diminution plus ou moins rapide de leur nombre, et, par suite, des troubles variés en rapport avec leur destination physiologique.

D'après diverses observations microscopiques, notamment celles de Kölliker (4), et aussi d'après l'examen chimique du sang avant son entrée dans la rate et à sa sortie de cet organe, la rate devrait être considérée comme étant le siége de la destruction des globules rouges du sang. En examinant plus tard la valeur de cette opinion, à propos de l'étude des fonctions de la rate, nous verrons que les mêmes faits, invoqués par Kölliker à l'appui de son sentiment, ont été interprétés par d'autres tout différemment, en faveur de l'hypothèse opposée et anciennement émise par Hewson, à savoir, que les globules rouges du sang se forment dans la rate.

Si, comme nous l'avons dit, Schultz (5) admet la destruction d'un certain nombre de globules hématiques dans le foie, d'autres observateurs, parmi lesquels nous citerons Prévost et Dumas (6), supposent au contraire que la production de

(1) *Das System der Circulation*, etc. Stuttgart, 1836, p. 72.
(2) SIMON'S *Beiträge zur physiol. Chem. und Mikrosk.*, 1844, p. 567.
(3) WAGNER'S *Handwörterbuch der Physiol.*, t. I, p. 215.
(4) *Zeitschrift für rationnelle Med.*, t. IV. — *Mittheilungen der Züricher naturforsch. Gesellschaft*, 1847.
(5) *Loc. cit.*
(6) *Annales des sciences naturelles*, 1824, t. IV, p. 96.

ces corpuscules a son siége principal dans l'organe où se forme aussi la bile : les globules elliptiques de l'oiseau (lequel offre d'abord des globules sphériques) ne paraîtraient qu'au moment où le foie se forme (*).

Quant à la durée de l'existence des globules rouges, elle varie sans doute suivant les circonstances, et probablement aussi suivant l'espèce animale. Cette durée normale, chez les batraciens, serait de quinze jours au moins, d'après les observations de Marfels et Moleschott (1) : en effet, ces auteurs affirment avoir encore retrouvé, après ce laps de temps, dans le système circulatoire de la grenouille, quelques globules de sang de mouton, sang qu'ils avaient d'abord introduit dans l'estomac de ce batracien. La distinction entre ces corpuscules, variés de volume et de forme dans ces deux espèces animales, était évidemment facile. Seulement la conclusion ne saurait être ici bien rigoureuse, puisque la résorption ou la dissolution avait à s'opérer sur des globules étrangers à l'animal mis en expérience. Rien ne prouve que les globules propres au sang de la grenouille elle-même doivent durer le même temps avant de se renouveler.

A propos des hypothèses précédentes sur le lieu de la formation des globules hématiques et sur celui de leur destruction, chez l'adulte, on peut rappeler que ces globules, nés dans le plasma de l'*area vascularis* de l'embryon, naissent sans doute, chez l'adulte, dans les capillaires de *tous les organes*, au sein même du plasma qui devra les emporter dans le torrent circulatoire ; que d'ailleurs, chez l'embryon, ils préexistent au foie comme à la rate; qu'on les observe chez les myxinoïdes (**), qui ne possèdent ce dernier viscère à aucune époque de leur existence; qu'enfin on les a vus persister et se renouveler chez des chiens ayant survécu à l'ablation de la rate, chez des grenouilles privées de leur foie.

Vouloir absolument localiser les phénomènes dont il s'agit, en leur assignant le système capillaire de tel ou tel organe particulier, nous semblerait donc une exagération. Les globules sanguins disparaissent comme ils sont venus : il s'en forme constamment de nouveaux dans le plasma du sang de tous les organes, et, quand ils ont parcouru un certain cercle de métamorphoses, quand ils ont atteint un certain âge, peut-être se dissolvent-ils dans ce plasma absolument de même que d'autres cellules (par exemple les cellules glandulaires) se dissolvent d'elles-mêmes lorsqu'elles sont parvenues à un degré déterminé de développement, ou bien crèvent en laissant échapper leur contenu (2). A l'appui de l'opinion que les globules hématiques subissent en effet plusieurs phases de développement, et qu'ils existent dans le sang à divers degrés de formation par suite de leur renouvellement continuel, on peut rappeler que, parmi ces globules pris dans le même sang, les uns résistent moins que les autres à l'action de l'eau et même de l'acide acétique; que les uns se flétrissent vite, spontanément, quand ils sont soustraits à l'influence des parties vivantes, tandis que les autres se conservent très longtemps intacts, etc. (3).

(*) D'après L. MANDL, la destruction des globules rouges s'opérerait dans le foie, à l'aide de la bile, dont on connaît l'action dissolvante sur ces corpuscules.

(1) *Untersuch. zur Naturlehre des Menschen und der Thiere*, von MOLESCHOTT, 1856, t. I p. 52.

(**) Genre de poissons cyclostomes voisin des lamproies.

(2) HENLE, *Anat. génér.*, t. I, p. 493, trad. franç. de Jourdan. Paris, 1843.

(3) DONNÉ, *Cours de microscopie*. Paris, 1844, p. 87.

Ainsi, d'après ce qui précède, le contenu des globules hématiques retournerait dans le plasma du sang, où ces corpuscules s'étaient d'abord développés, « et l'on pourrait, jusqu'à ce qu'on en sache plus long sur leur compte, dit Henle (1), les considérer comme des corps glanduleux nageants, qui attirent certains matériaux de ce plasma, les métamorphosent, puis les lui restituent perfectionnés, en se dissolvant. » On arriverait ainsi à expliquer pourquoi, bien qu'ils ne soient pas directement nourriciers, ils sont néanmoins la partie vivifiante du sang ; à tel point que, comme nous l'avons vu précédemment, ce n'est ni par le sérum, ni par la fibrine très divisée ou dissoute que la vie peut être ranimée après des hémorrhagies épuisantes, mais par du sang battu, c'est-à-dire tenant encore presque tous ses globules en suspension.

Nous venons de dire où se forment les *globules rouges* du sang chez l'embryon, où ils se forment, se détruisent et se renouvellent chez l'adulte, en laissant voir toutefois ce qu'il y a encore d'hypothétique dans la plupart des données que la science possède à ce sujet, aussi bien qu'à propos de la destination physiologique de ces corpuscules. Il nous reste à indiquer l'origine présumée des *globules incolores* du sang, et, après avoir recherché d'où ils viennent et où ils vont, à essayer de savoir s'il existe ou non quelque rapport, quelque lien qui unissent entre elles les diverses espèces de particules sanguines. Enfin il nous faudra aussi dire quelques mots de l'origine des autres matériaux constitutifs du sang.

Dans le sang des adultes, les corpuscules blancs ou incolores sont désignés sous le nom de *corpuscules lymphatiques* par un assez grand nombre de micrographes, pour rappeler l'origine qu'ils leur assignent dans la lymphe. Mais l'existence de globules blancs dans le sang de l'embryon, à une époque où il n'y a pas encore vestige de vaisseaux et de ganglions lymphatiques, prouve qu'il s'en forme dans les vaisseaux sanguins, et que, *du moins chez l'embryon*, cette espèce de globules ne provient pas nécessairement de la lymphe.

Pour les auteurs qui ont embrassé l'opinion émise d'abord par G. Hewson (2), les globules blancs du sang appartiennent à une phase du développement des globules rouges. Hewson, regardant ces globules blancs et les corpuscules de la lymphe comme identiques, suppose que ces derniers sont appelés à constituer la partie centrale des globules rouges du sang ; il suppose aussi que les vaisseaux et les ganglions lymphatiques, le thymus et la rate concourent à la formation de l'élément organique par excellence, du globule rouge ou hématique. Suivant cet observateur, les lymphatiques qui émergent des ganglions représenteraient des conduits excréteurs dans lesquels ces ganglions versent les corpuscules lymphatiques ou centraux des globules du sang, et l'enveloppe colorée de ces derniers prendrait naissance à la fois dans les vaisseaux de la lymphe et dans la rate, mais surtout dans ce dernier viscère. La plupart des observateurs ont rejeté la théorie de Hewson comme dénuée de preuves.

Il est une autre théorie qui a été adoptée surtout par C. H. Schultz (3) et J. Müller (4) : elle admet que les globules du sang se forment des granulations

(1) *Loc. cit.*
(2) *Disquisitio experimentalis de sanguinis natura*, trad. lat. Leyde, 1785, in-8, p. 94 et suiv.
(3) *Das System der Circulation*. Stuttgart, 1836, p. 30 et suiv.
(4) *Manuel de physiol.*, trad. franç. Paris, 1851, t. I, p. 119.

de la lymphe de la même manière que les cellules naissent de leurs noyaux ; qu'en d'autres termes, les corpuscules de la lymphe, une fois arrivés dans le sang, y jouent le rôle de noyaux pour provoquer autour d'eux la formation et le développement des cellules sanguines ou globules rouges.

A l'appui de l'opinion qui soutient que les corpuscules de la lymphe peuvent, *en se transformant*, devenir globules sanguins, on a surtout rappelé les nombreux cas où d'éminents observateurs ont vu, dans le contenu du canal thoracique des mammifères (chevaux notamment), outre les globules grenus de la lymphe, de véritables globules sanguins colorés. Mais on a objecté que ces derniers avaient pu être introduits accidentellement dans le canal thoracique pendant l'opération à l'aide de laquelle on se procure la lymphe elle-même ; objection dont la validité ne nous paraît pas démontrée, au moins pour un certain nombre de cas. — D'après des recherches encore récentes, Gubler et Quévenne (1) admettent que « la lymphe renferme *normalement*, au nombre de ses principes, des *globules sanguins* ». Mais les globules hématiques ou sanguins, que ces habiles observateurs ont rencontrés dans la lymphe, leur ont constamment paru d'un diamètre inférieur à ceux du sang : les uns étaient lenticulaires, comme les corpuscules sanguins proprement dits, les autres très petits, sphéroïdaux et lisses. Quant aux globules pâles ou *globules vrais de lymphe*, quelques-uns dépassaient le volume des globules rouges du sang, tandis que la plupart, réduits pour ainsi dire à un noyau, n'atteignaient que la moitié de cette dimension ; enfin existaient aussi des granules moléculaires de matière grasse.

Ces observations ont été faites par Gubler et Quévenne sur la lymphe qui (chez une femme), « à la partie antérieure et supérieure de la cuisse gauche, à 2 centimètres au-dessous du pli de l'aine », s'échappait de dilatations ampullaires du réseau lymphatique sus-dermique de cette région.

Les remarques qui précèdent ne nous semblent d'ailleurs concourir aucunement à démontrer que les globules sanguins résultent de la transformation des globules de la lymphe. Elles seraient plutôt propres à établir que, si chez l'embryon les globules blancs de son sang ne proviennent pas nécessairement de la lymphe, mais peuvent se former dans les vaisseaux et le plasma sanguin, de même aussi, chez l'adulte, il peut se former, dans les vaisseaux et le plasma lymphatiques, des globules si analogues à ceux du sang, qu'ils en sont comme les rudiments. Si l'on veut bien se rappeler, d'une part, que le plasma de la lymphe et celui du sang ont la plus grande analogie de composition, et que, d'autre part, la matière de la lymphe concourt efficacement à la régénération du sang, même en l'absence de la digestion, on ne s'étonnera plus de voir que, dans ces deux liquides, puissent réciproquement apparaître des cellules ou globules qu'on supposait exclusivement propres à l'un ou à l'autre.

Pour nous autoriser à repousser l'hypothèse qui fait dériver les globules rouges du sang d'une transformation des globules blancs de la lymphe, nous ne rappellerons pas que ceux-ci sont un peu plus gros que les premiers ; que les globules lymphatiques sont sphériques, tandis que les globules sanguins sont aplatis ; que les uns sont granulés, et les autres lisses, etc. ; car ce ne sont point là des caractères qu'on puisse rigoureusement invoquer pour refuser d'admettre que les globules blancs soient les rudiments des globules rouges. Mais nous nous bornerons

(1) *Gazette médicale de Paris*, 1854, p. 516.

à faire observer que chez l'embryon, dans l'*area vasculosa* du blastoderme, les globules rouges préexistent certainement aux globules blancs ou lymphatiques ; ce qui ne s'accorde guère avec l'hypothèse des auteurs faisant provenir les premiers d'une métamorphose des seconds.

Les globules graisseux du chyle et du lait ont été aussi regardés comme pouvant se convertir en globules rouges ou hématiques (1). Cette manière de voir repose sur des données dont il serait inutile de discuter ici la valeur.

En résumé, les globules blancs ou incolores représentent des éléments parvenus à leur entier développement. Pouvant se former dans le plasma du sang, mais naissant surtout dans celui de la lymphe, ils sont susceptibles, comme toutes les autres cellules nageant dans un liquide, de se rompre et de laisser échapper leur contenu. Leur rôle *supposé*, par rapport aux globules rouges, ne paraît point admissible.

Nous terminerons l'étude de la formation et du renouvellement des globules hématiques, en rappelant l'origine des matériaux constitutifs du *plasma* ou partie liquide du sang.

Ce plasma étant soumis à des variations continuelles et devant pourvoir à la nutrition des organes, il faut que lui-même se répare continuellement : c'est, comme nous l'avons vu, le chyle et la lymphe qui le sustentent, le renouvellent en s'y mêlant ; et le plasma fournit, à son tour, une partie de leurs éléments aux globules qui puisent l'autre partie directement dans l'atmosphère. La relation des aliments avec le plasma du sang est donc plus directe qu'avec les globules ; c'est-à-dire qu'une substance alimentaire qui pénètre dans le sang par les voies digestives doit se mêler au plasma avant d'arriver aux globules. En d'autres termes, la constitution normale de l'ensemble du liquide nourricier est entretenue par les aliments et par l'air. Le tube digestif et les poumons étant, à proprement parler, les seuls canaux par lesquels les substances venues du dehors puissent s'introduire dans l'économie, les aliments solides ou liquides nourrissent le plasma, qui lui-même, avec l'air, contribue à nourrir les globules.

C'est en se fondant sur des considérations de cette nature que W. Addison (2) est arrivé à conclure que les altérations dans la qualité du sang, par erreur de régime ou par l'ingestion de substances toxiques, débutent par le plasma et peuvent y rester limitées ; tandis que les altérations dans la qualité du sang, qui proviennent de substances délétères dissoutes dans l'atmosphère et inhalées par le poumon, doivent commencer par les globules. « Dans ce dernier cas, ajoute-t-il, les deux parties du sang deviennent malades, mais successivement : les globules sont les premiers atteints ; le plasma ne l'est qu'après. »

Si, d'une part, pour entretenir le plasma et les globules dans leur constitution normale, il faut l'abord simultané et incessant de l'air et de principes immédiats élaborés par la digestion, il faut aussi, d'autre part, pour atteindre ce but, l'élimination continuelle de certains matériaux du sang. Parmi ces matériaux, il en est qui, introduits dans l'organisme, sont ou superflus, ou incapables de servir, comme

(1) ASCHERSON, *Comptes rendus de l'Acad. des sc. de Paris*, nov. 1838, t. VII. — DONNÉ, *Cours de microscopie*. Paris, 1844, p. 89 et suiv.

(2) *Leçons sur la fièvre et l'inflammation*, prononcées devant le collége royal des médecins de Londres en 1859.

l'eau qui s'échappe par l'exhalation pulmonaire, la sueur et l'urine, ou comme certains principes minéraux mêlés à la nourriture, qui s'en vont plus spécialement par les reins; mais il est aussi dans le sang d'autres matériaux qui, développés par le travail intime et moléculaire de l'organisme lui-même, ne sauraient y séjourner sans donner lieu à des accidents, comme l'urée, les acides urique et hippurique, produits azotés expulsés par les reins, ou comme les acides sudorique, choléique et cholique, autres produits azotés que chassent la peau et le foie, ou enfin l'acide carbonique qu'exhalent surtout les poumons. — Grâce à un travail d'assimilation et de désassimilation si admirablement compensé, on arrive à comprendre que, plasma et globules, qui ont d'ailleurs une composition solidaire, puissent maintenir cette composition, malgré ses variations, dans des limites compatibles avec la santé.

Il n'est d'ailleurs pas sans intérêt de rappeler ici que cette composition, envisagée d'une manière générale, tend à se rapprocher beaucoup de celle qu'on observe dans tout aliment complet; c'est-à-dire que l'aliment type et le fluide sanguin renferment à la fois des éléments organiques *albuminoïdes*, *sucrés et gras*, unis a des *éléments minéraux ou salins*, également essentiels à l'organisme. De cette analogie il ne faudrait pourtant pas inférer, avec quelques physiologistes, que le sang emprunte aux aliments ses principes immédiats tout formés : la vérité est que la digestion ne se borne pas à dissoudre l'aliment, mais qu'elle lui fait subir des transformations avant de le livrer aux vaisseaux qui doivent l'introduire dans le sang. Une fois qu'elles sont arrivées dans ce fluide et mises en présence de l'oxygène (de ce gaz qu'on retrouve dans la plupart des combinaisons de la matière), combien d'associations nouvelles, de changements de nature et de composition n'ont pas encore à subir la plupart des substances alimentaires avant de passer à l'état de *matière nutritive* ou avant d'être éliminées!

VIII. — Tracer un *parallèle du sang avec le chyle et la lymphe*, c'est-à-dire examiner les rapports et les différences de propriétés et de composition que ces trois fluides présentent, nous semble un complément utile de nos précédentes études sur la régénération du sang.

L'examen microscopique a fait découvrir de nombreux corpuscules tenus en suspension dans ces trois liquides : les caractères différentiels (physiques et chimiques) de ces corpuscules, ainsi que leurs transformations supposées, nous sont déjà connus.

Exposés au contact de l'air, la lymphe, le chyle et le sang ne tardent point à se *coaguler spontanément*; c'est-à-dire que leurs éléments se séparent en une portion solide ou *caillot* et en une portion liquide ou *sérum*. Nul doute que, dans les trois cas, la fibrine ne soit le principe auquel il faille rapporter ce phénomène, qui, en général, se manifeste plus vite dans le sang que dans la lymphe et le chyle.

Le plasma du sang, celui du chyle et celui de la lymphe, sont facilement coagulables par la chaleur : ils doivent cette propriété à la présence de l'albumine.

Ces trois humeurs offrent une *saveur* fade ou à peine salée, dans laquelle on distingue un arrière-goût légèrement alcalin. Néanmoins on constate parfois une saveur un peu sucrée dans le chyle des animaux nourris de féculents. — Le sang, le chyle et la lymphe exhalent une *odeur* animalisée qu'on rend plus sensible à

l'aide de certains réactifs, et qui, généralement, rappelle celle de l'animal dont ces fluides proviennent. Quant à la *couleur*, qui peut si bien servir à distinguer le sang du chyle et de la lymphe, il faut savoir que cette apparence pourrait faire supposer des différences beaucoup plus profondes que celles qui existent réellement entre ces humeurs : chez les vertébrés, le sang est rouge brun ou rouge vermeil, suivant qu'il provient d'une veine ou d'une artère ; le chyle, qui est blanc laiteux chez les carnassiers nourris de viande et chez les herbivores encore à la mamelle, n'est plus qu'un peu lactescent chez les herbivores adultes et placés dans les circonstances ordinaires ; enfin la lymphe est, en général, incolore ou très faiblement colorée en jaune. Mais la lymphe et le chyle, fait digne de remarque, ont une tendance à prendre, à l'air, une teinte rosée ou rougeâtre, plus ou moins sensible suivant l'alimentation. Le chyle paraît même pouvoir rougir dans le canal thoracique, durant la vie, et la lymphe devient sensiblement rosée par suite de l'abstinence. D'après les uns, il existerait, dans le chyle et la lymphe, une matière particulière et distincte de l'hématosine, matière qui aurait, en effet, la propriété de rougir par le contact de l'air ou de l'oxygène ; selon les autres, et c'est l'opinion la plus probable, ces humeurs renfermeraient déjà de vrais globules hématiques en voie de formation, surtout au voisinage de l'endroit où elles se déversent dans le sang.

Le sang, le chyle et la lymphe ont une réaction alcaline due à la présence d'une certaine quantité de soude libre : leur sérum verdit les couleurs bleues végétales.

Les analyses les plus récentes et les plus exactes tendent à établir que *presque tous* les mêmes éléments figurent dans la composition de ces trois humeurs, qui ne diffèrent guère entre elles que par les quantités absolues et relatives de ces éléments.

Pour la *fibrine* et l'*albumine*, il ne saurait y avoir le moindre doute sur leur présence commune ; mais la proportion de ces principes est moindre dans le chyle que dans le sang. La différence, quant à la fibrine, est surtout manifeste entre le sang et le chyle qui n'a pas encore traversé les ganglions mésentériques. — Des *matières grasses* existent dans la lymphe, le chyle et le sang ; mais elles sont beaucoup plus abondantes dans le chyle que dans les deux autres. La lymphe, sorte de chyle formé aux dépens de la substance de l'animal lui-même, et provenant par conséquent de matières azotées et *graisseuses*, peut renfermer une proportion assez notable de graisse, surtout chez les animaux soumis à l'abstinence ou seulement à une alimentation insuffisante. — *Une matière sucrée* (la glycose) se trouve à la fois dans la lymphe, le chyle et le sang (Colin). Suivant Poiseuille et Lefort (1), la lymphe contiendrait toujours plus de glycose que le chyle, et ces deux liquides en renfermeraient plus que le sang artériel.

La *créatine* et la *créatinine*, produits d'excrétion qu'on rencontre en faibles proportions dans le sang, n'ont été retrouvées ni dans le chyle, ni dans la lymphe. — Quant à l'*urée* (dernier terme des oxydations successives qu'éprouvent dans les tissus les matériaux azotés devenus impropres à la vie), qui doit être comprise aujourd'hui parmi les éléments normaux du sang, sa présence a été constatée, dans ces derniers temps, par A. Wurtz (2) dans la lymphe du chien et du cheval, et aussi dans le chyle du chien et d'un taureau nourri à la viande (3). La lymphe

(1) *Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, séance du 5 avril 1858.
(2) Communication écrite du 22 mars 1858.
(3) *Bulletin de l'Acad. de méd. de Paris*, 1857. — Rapport de P. Bérard.

contient même une proportion d'urée beaucoup plus forte que celle qui est normalement contenue dans le sang (*). De prime abord, on pourrait s'étonner de trouver déjà, dans la lymphe et dans le chyle surtout (à côté d'éléments nutritifs destinés à renouveler le sang), un composé tel que l'urée qu'on a coutume de regarder comme un produit d'excrétion prenant origine dans les tissus et dans le sang lui-même. Mais, d'une part, il faut savoir que l'urée découverte dans le chyle du canal thoracique *provient de la lymphe* mêlée à ce fluide réparateur ; et, d'autre part, que l'urée contenue dans la lymphe provient des métamorphoses accomplies dans l'*intimité des tissus*, où l'absorbent les radicules lymphatiques aussi bien que les radicules veineuses. Si ces métamorphoses, desquelles résultent l'urée et d'autres produits, s'accomplissaient exclusivement dans le système capillaire sanguin, on ne comprendrait pas comment l'urée, en particulier, se trouverait dans la lymphe en plus grande proportion que dans le sang. — Comme produits de métamorphose intermédiaires entre les substances complexes qui se détruisent et les derniers produits de leur oxydation (l'eau, l'acide carbonique, l'urée), Wurtz a signalé dans la lymphe la présence de l'*acide formique et de l'acide lactique*, qu'on observe aussi dans le sang. L'*acide hippurique*, qui existe d'une manière constante dans ce dernier fluide, n'a été rencontré par cet habile chimiste ni dans le chyle, ni dans la lymphe.

Un élément minéral, dont la présence dans le sang est généralement admise, le *fer*, se découvre également dans le chyle. Son existence, d'abord contestée dans la lymphe, paraît avoir été démontrée, dans le caillot de cette humeur, surtout par les analyses récentes de Gubler et Quévenne (1). Le fer est d'ailleurs plus abondant dans le sang que dans ses deux liquides réparateurs.

Quant aux nombreux *sels inorganiques*, la plupart à base de potasse ou de soude, qui se rencontrent dans le sang (chlorure de sodium, carbonate de soude, chlorure de potassium, phosphate de soude, sulfate de potasse, phosphate de chaux, de magnésie, carbonate de chaux), on les retrouve aussi, avec des proportions variables, dans le chyle et dans la lymphe. Par exemple, la quantité de chlorure de sodium qui existe dans la lymphe est presque toujours double de celle qu'on a signalée dans le sang. — Enfin l'*eau*, dont la présence est indispensable à tout ce qui est vivant et organisé, constitue la plus grande partie de la masse de ces trois humeurs, qu'elle maintient dans l'état de fluidité nécessaire à la circulation.

La présence de l'*oxygène*, de l'*azote* et de l'acide *carbonique* dans le sang, contribue à caractériser ce liquide : ces gaz n'existent ni dans le chyle, ni dans la lymphe.

Ce parallèle du sang avec le chyle et la lymphe suffit pour légitimer la proposition que nous avions formulée plus haut : « *presque tous* les mêmes éléments figurent dans la composition de ces trois humeurs, qui ne diffèrent guère entre elles que par les quantités absolues et relatives de ces éléments. » De plus, ce parallèle a l'avantage de montrer quels matériaux arrivent dans le sang tout formés ou à peu près formés, et quels autres s'y développent par suite du travail moléculaire

(*) Extrait d'une lettre que Wurtz m'a adressée le 2 mai 1858, et dans laquelle il a bien voulu me communiquer les nouveaux résultats de ses recherches sur la composition de la lymphe et du chyle.

(1) C. Desjardins, *Mém. sur un cas de dilatation variqueuse du réseau lymphatique superficiel du derme ; émission volontaire de lymphe.* — Analyse de cette lymphe et réflexions par Quévenne et Gubler (*Gaz. méd. de Paris*, 1854).

dont il est le siége, sous l'action incessante de l'oxygène. Il ne légitime point d'ailleurs l'opinion exagérée qui considère la lymphe comme du *sang filtré* à travers les capillaires et retournant au sang par le canal thoracique, après s'être chargé d'eau salée par quelque effet d'endosmose. Suivant la remarque judicieuse de P. Bérard (1), s'il en était ainsi, la lymphe ne pourrait être regardée, en aucune façon, comme une source de réparation du sang. Si, au contraire, on considère la lymphe comme un produit de la décomposition du corps, on comprend tout d'abord comment, dans certaines limites, elle peut réparer *immédiatement* les pertes que le sang aura faites, non-seulement par des hémorrhagies, mais encore dans les actes ordinaires de la vie, comme on le voit chez les gens qui font abstinence et qui maigrissent.

IX. — Pour compléter l'étude du sang, de cette humeur que nous avons vue être dans un état de perpétuelle mutation, il nous reste à examiner ses principales *variations et différences de composition* (*).

Certaines conditions organiques déterminent dans la composition du liquide sanguin des changements qui portent sur la proportion de ses éléments : mais ces changements étant compatibles avec l'état de santé, ils représentent ce qu'on peut appeler des *variations physiologiques* dans la composition du sang. Sous ce titre nous étudierons les variations qui se rapportent au *sexe*, à l'*âge*, à l'*espèce*, à la *constitution*, au *régime*, à la *menstruation*, à la *grossesse*, à l'*état des fonctions*. — Dans un autre ordre de faits qui appartiennent au domaine pathologique, nous aurons à signaler des modifications plus profondes apportées à la constitution du fluide sanguin : seulement nous devrons en limiter l'étude à ce qui intéresse plus particulièrement la physiologie.

1° Ce n'est que sur la proportion d'un petit nombre des éléments du sang que le *sexe* exerce une influence.

En premier lieu, il faut citer les *globules* qu'on s'accorde généralement à reconnaître comme plus nombreux chez l'homme que chez la femme. Lecanu (2) a trouvé en moyenne 132 millièmes pour l'homme et 99 pour la femme ; avant lui, Denis (3) avait donné 147 et 138 ; Schmidt (4), en admettant les chiffres de 513 et 396, compte en même temps la quantité d'eau que, selon lui, contient chaque globule ; enfin Becquerel et Rodier (5) se sont arrêtés aux chiffres de 140 et 127 millièmes. On voit par ces données que, si les auteurs accusent entre eux quelques différences dans la quantité relative des globules de l'homme et de la femme, tous leurs résultats s'accordent pour attribuer, d'une manière absolue, la prééminence au sexe masculin. D'un autre côté, en observant la précipitation lente des globules dans une éprouvette graduée, Parchappe (6) a constaté, après un repos de trois jours, en volume : 613 pour l'homme et 551

(1) *Cours de physiologie*, t. III, p. 187. Paris, 1851.

(*) Voir ci-dessus, p. 481-500, ce qui concerne la *composition dite normale du sang*.

(2) *Études chimiques sur le sang humain*. Paris, 1837, p. 66.

(3) *Recherches expérimentales sur le sang*, p. 290.

(4) *Charakteristik der epidemischen Cholera*. Leipzig, 1850.

(5) *Traité de chimie pathologique*. Paris, 1854, p. 91.

(6) *De l'analyse quantitative des principes constituants du sang* (*Moniteur des hôpitaux*, 1856, t. IV).

pour la femme. Ajoutons que Welcker (1), par sa méthode chromométrique, a été conduit également à admettre une plus grande quantité de globules chez l'homme.

L'*eau*, au contraire, est généralement plus abondante dans le sang de la femme que dans celui de l'homme. Les expériences de Denis (2) donnent en moyenne 758 millièmes pour l'homme et 785 pour la femme ; celles de Lecanu (3) 791 et 821, celles de Becquerel et Rodier (4) 780 et 791, celles de Parchappe (5) 763 et 767. Dans ses recherches, Schmidt avait aussi reconnu que la proportion d'eau fournie par le sérum était de 90 pour 100 chez l'homme, et de 91 chez la femme. Il n'est pas besoin de faire ressortir la concordance de ces résultats.

S'il est vrai, d'une manière générale, que la *densité* du sang dépende de la proportion d'eau que renferme ce liquide, on peut déjà supposer, d'après ce qui précède, que le sang de l'homme sera plus dense que celui de la femme. Les expériences de Polli (6), de Becquerel et Rodier (7) confirment ces prévisions. A l'aréomètre de Baumé, Polli a trouvé, en moyenne, 6°,575 pour le sang de l'homme et 6°,142 pour celui de la femme ; Becquerel et Rodier ont obtenu, par la comparaison du poids d'un volume déterminé de sang et d'eau distillée, les chiffres de 1055,5 pour la femme et 1060,2 pour l'homme.

Tels sont les éléments du sang sur lesquels la différence de sexe influe d'une manière bien appréciable ; les autres n'offrent que des variations trop légères et trop peu constantes pour qu'on doive s'y arrêter.

Quelques expériences, dont les résultats ont été publiés par Andral, Gavarret et Delafond (8), tendent à faire admettre, pour certains animaux, les mêmes différences que nous venons de signaler dans l'espèce humaine. Mais les faits de ce genre sont encore trop peu nombreux pour qu'il soit permis d'en tirer une conclusion générale.

2° Denis (9), étudiant l'influence de l'*âge* sur la composition du sang chez l'homme, a trouvé que le nombre des globules allait en augmentant depuis les premiers temps de la vie jusqu'à trente ans environ. A cette époque, le chiffre de ces corpuscules avait atteint son maximum (en moyenne 157) ; au delà de cet âge, il diminuait progressivement pour n'être plus que de 113, par exemple, entre la soixantième et la soixante et dixième année. Toutefois le sang du fœtus lui avait donné une proportion plus grande que chez l'adulte. — Les expériences de Lecanu (10) ont fourni une moyenne de 133 chez l'homme adulte, moyenne descendant jusqu'au-dessous de 120, à partir de quarante-huit à soixante-quatre ans. Popp (11) a obtenu des résultats analogues. Dans tous ces cas, la proportion

(1) *Blutkörperchenzählung und farbeprüfende Methode* (*Vierteljahrsschr. für prakt. Heilkunde*. V. Frag., 1854, t. XLIV, p. 11).
(2) *Ouvr. cit.*, p. 267.
(3) *Ouvr. cit.*, p. 65.
(4) *Ouvr. cit.*, p. 91.
(5) *Mém. et rec. cit.*
(6) *Della cotenna del sangue*, p. 46 (*Annal. univ. di medicina d'Omodei*, 1843).
(7) *Ouvr. cit.*, p. 91.
(8) *Recherches sur la composition du sang de quelques animaux domestiques* (*Ann. de chimie*, 1842, 3e série, t. V, p. 330).
(9) *Recherches expérimentales sur le sang.*
(10) *Nouvelles recherches sur le sang*, 1831, p. 27.
(11) *Untersuchungen über die Beschaffenheit des menschlichen Blutes in verschiedenen Krankheiten*. Leipzig, 1845.

d'eau a diminué en raison directe de l'augmentation des globules; et Polli (1), de son côté, a reconnu que la densité du sang est plus considérable chez l'adulte que chez l'enfant.

L'augmentation du chiffre des globules correspondrait à la période moyenne de la vie : telle serait donc la seule modification sensible apportée par l'âge à la composition du sang de l'homme. Cette conclusion aurait besoin d'être établie sur des faits plus nombreux.

Une particularité, signalée par Becquerel et Rodier (2), est l'élévation du chiffre de la cholestérine qui, à partir de l'âge de trente ans environ, se maintiendrait presque doublé jusque dans la vieillesse.

Les expériences sur les animaux ont donné également quelques résultats que nous nous bornerons à mentionner. Ainsi le chiffre des globules chez le bœuf a été trouvé par Denis (3) de 17 pour 100, et de 15 chez le veau; Nasse (4) a obtenu des rapports identiques. Chez le chien adulte, Denis a constaté 97, et 167 chez le chien nouveau-né; chez des chiens de trois mois, 99 seulement. Poggiale (5), en évaluant à 126 la proportion des globules chez le chien adulte, l'a vue chez le chien âgé d'une heure s'élever à 165, puis tomber à 158 quarante-huit heures après. Quelques autres expériences, faites par Denis et Poggiale, sur la poule, le chat, le pigeon, accusent, en général, un chiffre un peu plus élevé chez les individus déjà parvenus à un certain développement. On comprend tout ce qu'avec ces seuls faits la question de l'influence de l'âge sur la composition du sang laisse à désirer.

3° Les différences de composition suivant l'*espèce* ne sont qu'incomplétement connues : toutefois les résultats déjà obtenus permettent de se faire une idée des variations que subit le sang dans la proportion de ses éléments chez divers animaux.

Prévost et Dumas (6), dans le tableau comparatif qu'ils ont donné de l'analyse du sang, chez un certain nombre de vertébrés, ont établi que la quantité des globules était plus élevée dans les oiseaux que dans les mammifères, et dans ces derniers que dans les reptiles et les poissons. D'autres expériences, instituées par Nasse (7), Poggiale (8), etc., ont donné des résultats analogues. Ainsi le chiffre des globules, chez les oiseaux, a varié de 121 à 150, tandis que chez les mammifères il a oscillé entre 86 et 120 ou 130. Dans leurs recherches, Andral, Gavarret et Delafond (9) ont trouvé que la moyenne des globules était plus élevée chez les carnivores que chez les herbivores : ils ont obtenu pour le chien une moyenne de 148,3, bien supérieure, comme on le voit, à celle de l'homme. Pour le même animal, Nasse a donné 123, et Poggiale 126. Il a paru aussi à Andral, Gavarret et Delafond, que le croisement de race, chez certaines espèces ovines, entraînait une augmentation dans le chiffre des globules.

(1) *Ouvr. cit.*, p. 61.
(2) *Ouvr. cit.*, p. 92.
(3) *Ouvr. cit.*, p. 256.
(4) *Journ. für prakt. Chemie*, 1843, t. XXVIII, p. 146.
(5) *Comptes rendus de l'Acad. des sciences de Paris*, 1847, t. XXV, p. 112.
(6) *Ann. de phys. et de chimie*, t. XXIII, 1823.
(7) *Journ. f. prakt. Chem.*, 1843, t. XXVIII.
(8) *Comptes rendus de l'Acad. des sciences de Paris*, 1847, t. XXV, p. 112.
(9) *Recherches sur la composition du sang de quelques animaux domestiques*, 1842, p. 24.

La fibrine, chez les animaux, offre un chiffre variable, tantôt supérieur, tantôt inférieur à celui de l'homme. Andral, Gavarret et Delafond ont rencontré, dans le porc, la moyenne la plus élevée, c'est-à-dire 4,6; après le porc vient le cheval, qui leur a donné 4,0 ; puis les espèces bovines, qui ont fourni le chiffre 3,7. Les bêtes ovines se rapprochent beaucoup de l'homme pour le chiffre de la fibrine, tandis que les chiens lui sont inférieurs, et n'offrent qu'une moyenne de 2,1 et un minimum qui peut descendre jusqu'à 1,6. Les auteurs de ces recherches font aussi remarquer l'indépendance qui existe, chez les animaux, entre les globules et la fibrine : le chiffre ne s'élève ni ne s'abaisse simultanément pour ces deux éléments chez la même espèce d'animal.

La proportion d'eau est, en général, un peu plus grande chez les reptiles et les poissons que chez les mammifères et les oiseaux : les chiffres donnés par Berthold (1), Hering (2), Poggiale (3), ne diffèrent pas sensiblement de ceux qu'avaient rapportés Prévost et Dumas. Ces derniers expérimentateurs avaient trouvé, en moyenne, 870 pour les poissons et 800 pour les vertébrés à sang chaud. Parmi les animaux observés par Andral, Gavarret et Delafond, le chien a offert le chiffre le plus petit, 774,1; chez les autres, la moyenne a varié de 804 à 813,15.

Enfin, la moyenne des matériaux solides du sérum a été de 75,5 à 92,4 chez les différentes espèces soumises aux recherches de ces derniers expérimentateurs.

4° Il est aussi difficile de dire quelle est l'influence de la *constitution*, du *tempérament* sur la composition du sang, que de préciser avec exactitude ce qui caractérise rigoureusement l'une ou l'autre de ces deux conditions. Nous nous bornerons à rappeler que Lecanu (4) a reconnu que la quantité des globules était plus grande chez les individus dits *sanguins* que chez ceux d'un tempérament lymphatique : la moyenne, était pour les hommes de 136 à 116 et pour les femmes de 126 à 117. Pour Andral et Gavarret, l'élévation du chiffre des globules, chez les différents individus d'une même espèce, est en rapport constant avec l'énergie de la constitution.

5° Le *régime* ou l'*alimentation* exercent sans doute une grande influence sur la proportion des éléments du sang. Mais comment préciser cette action, isolée de celle de l'âge, du sexe, etc., de toutes les conditions qui peuvent la combattre ou la favoriser ? Les expériences qui mettraient cette influence dans tout son jour sont encore à faire. On peut dire qu'une bonne alimentation coïncide avec un certain degré de vigueur corporelle et s'accompagne de l'élévation du chiffre des globules. D'un autre côté, on sait que l'abstinence entraîne une diminution dans la quantité de la masse du sang, et qu'une alimentation peu abondante ou insuffisante conduit à un abaissement du chiffre des globules. C'est ce qu'ont observé Becquerel et Rodier (5) chez des individus qui présentaient des conditions analogues à la privation plus ou moins absolue d'aliments. Ils ont constaté, dans ces cas, une diminution marquée des globules et du chlorure de sodium, et un peu d'augmentation dans la matière grasse. On trouve dans les mémoires de Denis et Lecanu quelques faits analogues ; et Verdeil (6) a signalé chez le chien l'in-

(1) *Beiträge zur Anat., Zool. und Physiol.* Gottingen, 1831, p. 260.
(2) *Physiol. mit steter Berücksichtigung*, etc. Stuttgart, 1832.
(3) *Mém. cit.*
(4) *Nouvelles recherches sur le sang*, 1831, p. 30.
(5) *Traité de chimie pathol.*, 1854, p. 95.
(6) *Gazette des hôpitaux*, 1849, n° 70.

fluence de la nourriture sur la production plus ou moins abondante des phosphates ou des carbonates dans le sang.

6° Le sang subit pendant la *grossesse* des modifications assez remarquables dans la proportion de ses principes constituants. Le nombre des globules y descend presque constamment au-dessous de la moyenne ; c'est ce qui résulte des observations faites sur trente-quatre femmes par Andral et Gavarret (1). Selon Becquerel et Rodier (2), qui d'ailleurs n'ont pratiqué qu'un petit nombre d'expériences à ce sujet, la diminution des globules a lieu presque dès le commencement de la grossesse jusqu'à l'accouchement; à cette époque, elle arrive en moyenne à 113. Fr. Simon (3) a obtenu, par l'analyse, de semblables résultats. Dans leurs recherches sur les animaux domestiques, Andral, Gavarret et Delafond (4) ont constaté la diminution des globules chez la brebis, la vache, vers la fin de la gestation, et le retour vers le chiffre normal quelques jours après la parturition. Cette élévation nouvelle coïncide avec les accidents puerpéraux.

Quant à la fibrine, elle offre une augmentation dont la moyenne est, pour Becquerel et Rodier, de 3,5. Dans les 34 cas observés par Andral et Gavarret, il y avait, pendant les six premiers mois, une légère diminution de ce principe ; mais, dans les trois derniers mois, l'augmentation était constante et pouvait atteindre un maximum de 4,8.

Becquerel et Rodier ont aussi constaté une proportion moindre de l'albumine, surtout vers l'époque de l'accouchement, ainsi qu'une diminution dans la densité du sang, et une augmentation assez prononcée dans la matière grasse phosphorée.

7° Quant à l'influence que la *menstruation* exercerait sur la composition du sang, on sait qu'avant l'établissement de cette fonction, le chiffre des globules, d'après Becquerel et Rodier (5), reste inférieur à 127, qui est la moyenne normale ; il en est de même dans les cas de dysménorrhée. Mais une fois la menstruation établie, les globules augmentent et varient entre 127 et 137. A l'époque critique, le chiffre redescend de nouveau.

8° L'*état des fonctions* a une influence remarquable sur la coloration du sang, et partant, sur sa composition, au moins en ce sens que l'oxygène et l'acide carbonique, qui sont en dissolution dans ce liquide, sont réputés en modifier profondément la couleur suivant leur quantité relative.

Le sang veineux glandulaire et le sang veineux musculaire, par exemple, présentent, comme l'a établi Cl. Bernard (6), une coloration absolument opposée quand on les considère pendant l'état d'activité des organes. Lorsque le muscle agit et se contracte, le sang veineux qui en sort est très noir ; quand la glande fonctionne et expulse le produit de sa sécrétion, le sang veineux qu'elle fournit est au contraire d'une couleur rutilante, parfois identique avec celle du sang des artères. Dans les glandes à sécrétion intermittente, il existe, dit cet expérimentateur, une alternative

(1) ANDRAL, *Essai d'hématologie pathologique*, 1843, p. 105.
(2) *Traité de chimie pathologique*, 1854, p. 101.
(3) *Animal Chemestry*, t. I, p. 335.
(4) *Annales de chimie et de physique*, 3e série, t. V.
(5) *Ouvr. cit.*, p. 92.
(6) *Comptes rendus de l'Acad. des sc. de Paris*, 1858, t. XLVI, p. 159. — *Ibid.*, t. XLVII, p. 245. — *Leçons sur les propriétés physiologiques des liquides de l'organisme*. Paris, 1859, t. I, p. 320 et suiv.

de coloration rouge et noire dans le sang veineux, suivant que l'organe est dans l'une ou l'autre des deux conditions physiologiques que l'on a dénommées : *état de fonction, état de repos.*

Nous n'avons pas à faire connaître ici les conditions physiologiques du système nerveux qui règlent ces actions chimico-organiques spéciales ; il s'agit seulement de rechercher quels caractères différentiels existent entre le sang artériel et le sang qui sort d'une glande en activité. Au moment de la saignée, le sang artériel et le sang veineux rouge ne diffèrent pas par leur couleur ; mais, après une demi-heure ou une heure, ils ne se ressemblent plus du tout : le premier est toujours rouge, et le second est devenu noir comme du sang veineux ordinaire. La coagulation est d'ailleurs plus prompte dans le premier. Il est donc évident que le sang veineux a dû être modifié dans son passage à travers les capillaires de la glande, malgré la rapidité de ce passage due à une plus grande dilatation des vaisseaux. C'est seulement lorsque la circulation s'y fait d'une manière lente, ou dans l'état de repos de l'organe, qu'aurait lieu la transformation complète du sang artériel en sang veineux, noir ; transformation qui, sans doute, résulte de phénomènes nutritifs faisant momentanément défaut dans l'autre cas où la sécrétion seule semble s'opérer. — Lorsque les veines glandulaires contiennent du sang rouge vermeil, et que la circulation et la sécrétion offrent tant d'activité, il importerait de savoir si le produit sécrété, aux dépens d'un sang en apparence peu modifié consécutivement, réunit bien tous les caractères qui lui sont propres. De plus, une analyse comparative du sang, avant et après son passage dans la glande, reste aussi à faire.

Il ne saurait entrer dans notre plan d'examiner en détail les *variations de composition* qu'éprouve le sang dans l'*état pathologique :* aussi ne ferons-nous qu'exposer les notions les plus précises qu'on possède aujourd'hui, en choisissant celles qui peuvent éclairer divers points de la physiologie de cet important fluide. Malgré les louables efforts d'un grand nombre de pathologistes modernes, que de maladies aiguës et chroniques dans lesquelles la connaissance des altérations du sang reste encore un mystère ! A Andral et Gavarret revient surtout l'honneur d'avoir fondé la partie scientifique de l'hématologie pathologique, et d'avoir établi en même temps, sur leurs belles études, une classification des maladies. A la suite de l'exposé de leurs découvertes, nous dirons aussi les résultats les plus saillants dus à d'autres éminents observateurs qui ont suivi la même voie.

Devant signaler, en premier lieu, les maladies dans lesquelles on a constaté l'*augmentation de la fibrine*, commençons par rappeler, avec Andral et Gavarret, qu'au point de vue de la proportion de ce principe comme des autres, « il y a, *pour le sang de chaque espèce animale une constitution donnée*, inhérente à cette espèce, qui est pour elle l'état de santé, et qui, pour une autre espèce, serait la maladie (1). »

Dans 1000 grammes de sang humain, il n'existe guère, en moyenne, que 2 à 3 grammes de fibrine desséchée : ainsi 2 à 3 millièmes, telle est la proportion

(1) ANDRAL, GAVARRET et DELAFOND, *Recherches sur la composition du sang de quelques animaux domestiques dans l'état de santé et de maladie* (*Annales de chim. et de phys.*, 3ᵉ série, t. V, 1842).

généralement admise comme normale chez l'homme. Or, Andral et Gavarret (1) ont reconnu et définitivement établi que, dans le cours des phlegmasies diverses, l'augmentation de la fibrine est constante : ils ont vu, chez l'homme, la quantité relative de ce principe s'élever à 5, 6, 8 et même 10 millièmes.

En pareils cas, sans doute sous l'influence de l'abstinence et des émissions sanguines auxquelles les malades sont ordinairement soumis, on voit au contraire les globules, ainsi que l'albumine, diminuer ; et comme la quantité d'albumine en moins correspond à peu près à l'excédant de fibrine, l'opinion a été émise que l'albumine doit alors se convertir en fibrine (*).

C'est notamment dans la pneumonie, le rhumatisme articulaire aigu et la pleurésie, que le plus haut degré d'accroissement de la fibrine dans le sang a été observé ; puis viennent la péritonite, la bronchite, l'amygdalite, l'érysipèle, etc. L'élévation du chiffre est d'ailleurs en rapport avec l'intensité et la généralisation de la phlegmasie (**).

C'est avec raison qu'Andral et Gavarret ont professé que l'excès de fibrine est ici la conséquence et non la cause du travail phlegmasique : car ils avaient constamment observé que, dans le sang de la saignée faite avant le début appréciable de la phlegmasie, la fibrine n'était point augmentée. A cette occasion, je rappellerai que, chez un chien dont le sang contenait normalement 1 millième de fibrine, Zimmermann (2) trouva, deux jours après avoir pratiqué une plaie au cou, 3 millièmes du même principe ; qu'une autre fois, ayant déterminé une lésion inflammatoire de la peau à l'aide de frictions avec la pommade stibiée, il reconnut, chez un animal de la même espèce, que le chiffre de la fibrine s'était élevé de 1,4 pour 1000 à 4. L'expérimentateur allemand a répété sur des chevaux ces observations qui évidemment viennent à l'appui de l'opinion précédente. Quant à la proportion des globules, elle était diminuée, tandis que celle des matières grasses du sérum était très notablement accrue.

L'augmentation de la fibrine, dans les cas précédents, a pour conséquence à peu près constante la formation de la couenne, dite *couenne inflammatoire*.

En faisant l'histoire de la coagulation du sang, nous avons déjà eu occasion d'examiner, en dehors du travail phlegmasique, les conditions favorables ou défavorables à la production de la couenne (page 699), telles que la lenteur ou la rapidité de la *coagulation spontanée* du sang, la forme du vase dans lequel on reçoit ce fluide, le *volume du jet* (***) au sortir de la veine, le repos, la composition du plasma, etc. : ayant, de plus, fait connaître le mécanisme de la formation

(1) *Annales de chim. et de phys.*, 1840, t. LXXV.

(*) La fibrine ne paraît être qu'un premier degré d'oxydation de l'albumine. Ce qu'il y a de certain, c'est que, dans l'œuf des ovipares, la fibrine procède de l'albumine qui existe seule dans l'origine, et sa formation coïncide avec l'établissement de la respiration, c'est-à-dire avec l'absorption d'oxygène.

(**) Nous avons vu déjà que, dans la *grossesse*, la proportion de fibrine est un peu augmentée ; et cette augmentation, au dire de quelques auteurs, ne serait point sans influence sur la facilité avec laquelle se développent les phlegmasies dans la période qui suit l'accouchement.

Dans la *chlorose proprement dite*, il y a aussi augmentation légère de fibrine.

(2) *Arch. für physiol. Heilkunde*, 1848, t. VII, p. 149.

(***) C'est par suite d'une erreur de rédaction qu'il a été dit ci-dessus (p. 700) que le jet de sang, quand il est rapide, gêne la formation de la couenne. La vérité est que le sang qui s'échappe de la veine par un jet effilé devient moins couenneux, toutes choses égales d'ailleurs, que celui qui en est sorti par une large ouverture et dans un temps très court.

de la couenne et la nature de ce produit qui n'est que de la fibrine coagulée à part, nous n'avons point à revenir sur toutes ces questions. Il nous reste à tâcher d'expliquer pourquoi ce phénomène, auquel on attache généralement tant d'importance dans le diagnostic et le pronostic des maladies, se manifeste de préférence dans les phlegmasies et dans d'autres états de l'organisme qui en sont bien distincts. Disons-le à l'avance, nous ne prétendons pas satisfaire à tous les *desiderata* d'un aussi difficile problème.

La formation de la couenne s'expliquerait-elle par la proportion même de fibrine, proportion plus grande, par exemple, dans le cas de phlegmasie qu'à l'état normal ? Sans doute une pareille cause peut contribuer au phénomène ; mais, de prime abord, on ne voit pas bien pourquoi, comme conséquence nécessaire, une portion de la fibrine se coagulerait *isolément*, de manière à donner ainsi naissance à ce produit fibrineux particulier qu'on désigne sous le nom de couenne inflammatoire. Serait-ce parce que, devenus relativement trop peu nombreux dans les phlegmasies, les globules ne sauraient plus suffire à remplir toutes les aréoles que forme la fibrine plasmique en se coagulant ? Dans la chlorose, où il y a aussi élévation du chiffre de la fibrine, et surtout diminution notable des globules, on trouve en effet une couenne quelquefois aussi épaisse que dans les phlegmasies. Il en est de même pour le sang des animaux ou de l'homme qui ont été soumis à de fréquentes et abondantes saignées dans un laps de temps assez court ; ce sang est aussi devenu pauvre en globules, mais relativement riche en fibrine que lui apporte incessamment la lymphe : or, ici encore l'observation a appris qu'un pareil sang devient ordinairement couenneux, et que même celui des dernières saignées fournit une couenne plus épaisse que celle du sang des premières. J'ajouterai que, dans la seconde moitié surtout de la grossesse, où la quantité proportionnelle de fibrine est accrue et celle des globules sensiblement diminuée, le liquide sanguin se recouvre habituellement de couenne ; et qu'enfin le sang du cheval, qui est plus chargé de fibrine que celui de l'homme, est constamment couenneux dans l'état de santé. — Ainsi, l'augmentation de la proportion de fibrine et la diminution corrélative des globules nous semblent devoir être les deux principales conditions de la constitution du sang dans lesquelles s'observe le plus communément l'apparition d'une couche couenneuse, sans que nous osions affirmer que ce phénomène ne dépende point aussi d'autres causes très différentes. Mais la première de ces conditions paraît néanmoins être la plus importante et même pouvoir suffire à elle seule : qu'on veuille bien se rappeler, à ce propos, l'expérience que nous avons déjà citée (p. 700) d'après J. Müller, expérience qui prouve que les globules s'enfoncent plus vite dans un *plasma chargé de fibrine* que dans le sérum de *sang battu*, et partant, privé de ce principe. Descente rapide des globules dans les couches inférieures, avant que la coagulation de la masse sanguine ait eu le temps de se faire et d'empêcher leur chute en les emprisonnant, telle est la condition indispensable pour qu'un sang devienne couenneux. Or, nous venons de voir que cette condition se trouve réalisée surtout par la présence de la fibrine dans le plasma ; aussi croyons-nous devoir admettre que la proportion de ce principe dans le sang a une influence incontestable sur la production de la couenne.

Plusieurs des exemples qui viennent d'être cités démontrent que la couenne, dite inflammatoire, peut survenir sans qu'il y ait absolument aucune trace de phlegmasie. Puisque nous l'avons vue se montrer à la surface du caillot des anémiques et des chlorotiques, à quels accidents funestes ne donnerait pas lieu celui

qui, ayant négligé l'étude de la coagulation de la fibrine, s'aviserait de saigner dans ces circonstances, à cause de la présence de la couenne, sous prétexte que ce produit fibrineux ne saurait se former sans une inflammation ? Chaque nouvelle émission sanguine ne manquerait pas de précipiter la diminution des globules, c'est-à-dire de la portion vivante du sang.

Pour expliquer l'apparition de la couenne, quelques observateurs ont admis que le sérum étant devenu moins dense, les globules s'y enfoncent plus facilement. Mais la précédente expérience de J. Müller milite déjà contre une pareille hypothèse qu'infirme aussi l'observation exacte de tous les cas où la densité du sérum est très diminuée, comme dans la fièvre typhoïde par exemple : dans cette affection, sauf complications, il n'apparaît jamais de couche couenneuse sur le sang.

L'augmentation de la fibrine constitue un bon moyen de distinction des inflammations franches et des *pyrexies*. Becquerel et Rodier (1) ont indiqué deux autres caractères des phlegmasies, savoir : l'augmentation de la cholestérine et la diminution de l'albumine. — Quoi qu'il en soit de ces derniers caractères, nous rappellerons qu'ayant analysé le sang : 1° dans le prodrome des fièvres continues, 2° dans les fièvres continues non typhoïdes, 3° dans la fièvre typhoïde, 4° dans les fièvres éruptives (variole, rougeole, scarlatine), 5° dans les fièvres intermittentes, Andral et Gavarret (2) ont conclu de leurs recherches : « que, dans aucun de ces cinq groupes de maladies, la fibrine ne présente d'augmentation de quantité, si ce n'est dans quelques cas de complication phlegmasique ; que souvent, au contraire, *la fibrine diminue* soit d'une manière absolue, soit d'une manière relative ; que les globules peuvent conserver leur état normal ; mais que, dans un certain nombre de cas, ils augmentent suivant une proportion très remarquable et ne diminuent jamais que par le fait de circonstances dont l'influence vient se surajouter à celle de la maladie. »

Rappelons que, dans ces maladies, il y a généralement *absence de couenne* coïncidant avec le défaut d'augmentation ou avec la diminution de la fibrine. — Il suffit de mettre ces résultats généraux en parallèle avec ceux qu'a donnés le sang dans les phlegmasies, pour saisir tout ce qu'ils ont de différent.

Il existe, dans la science, des exemples fort remarquables d'altération du sang par *diminution de la fibrine*, avec fluidité excessive de cette humeur : de là une diathèse hémorrhagique fréquemment observée chez les différents membres d'une même famille. Les plus petites solutions de continuité donnent lieu, dans ces cas, à des écoulements de sang qu'on ne peut pas toujours tarir, et qui se terminent par la mort. D'autres fois ce sont des hémorrhagies spontanées par des muqueuses, comme la pituitaire, qui amènent une fin également funeste (*).

Le scorbut et le purpura hæmorrhagica ont été aussi rangés, par divers auteurs, dans les maladies où le sang est altéré par diminution de la fibrine, avec une trop

(1) *Traité de chimie pathologique, etc.* Paris, 1854, p. 106 et 112.

(2) *Mém. et Rec. cit.*

(*) Consultez plus particulièrement à ce sujet : NASSE et KRIMER, *Arch. für. med. Erfahr.*, von HORN, 1820, t. I, p. 385. — OSBORNE, *Dublin Journal of Med. Sc.*, 1835, t. V. — SYLVA, *Gaz. méd. de Paris*, 1838, p. 43. — A. TARDIEU, *Arch. gén. de méd.*, 1841, 3ᵉ série, t. XI. — HUGHES, *Amer. Journ. of the Med. Sc.*, 1842, p. 542. — DEQUEVAUVILLER, *De la disposition aux hémorrhagies, et des signes auxquels on peut la reconnaître* (*Journal de chirurgie* de MALGAIGNE, 1844, p. 164).

grande fluidité. Mais on est forcé de reconnaître que les mêmes discussions et les mêmes faits contradictoires se présentent pour l'une et l'autre de ces affections qui sont loin d'avoir donné des résultats identiques aux différents investigateurs. Plusieurs d'entre eux, par exemple, ont admis une augmentation de fibrine dans le scorbut (*), au lieu d'une diminution de ce principe.

On a prétendu que la transfusion, plusieurs fois répétée à l'aide du sang *défibriné*, provoquait les mêmes symptômes et les mêmes lésions organiques qu'on observe dans le scorbut.

Quant aux *globules du sang*, ils sont tantôt en excès, comme dans la *pléthore*, et tantôt ils offrent une diminution notable, comme dans la *chlorose* ou l'*anémie*.

Dans la pléthore, il importerait de ne pas confondre deux ordres de sujets fort différents : ceux qui, n'éprouvant aucun accident, se trouvent encore dans la limite physiologique, et ceux qui, l'ayant dépassée, se trouvent réellement malades. Or, c'est une distinction qui a été trop négligée par les expérimentateurs, comme le prouvent bien la différence et même l'opposition de leurs résultats. Quoi qu'il en soit, l'opinion la plus généralement admise aujourd'hui est celle d'Andral, qui attribue la pléthore à la surabondance des globules. Ses travaux ont fait voir qu'il n'est pas vrai que, dans cet état de l'organisme, le sang contienne notablement plus de fibrine que dans l'état physiologique. Ajoutons que le mot *pléthore* fait aussi naître l'idée d'une grande quantité de sang distendant tout le système vasculaire.

Au contraire, le mot *anémie* rappelle à la fois une quantité relativement petite de ce fluide et aussi un nombre de globules inférieur à ce qu'il est dans l'état normal. Cette dénomination correspond à un certain nombre d'états morbides assez mal définis que Bouillaud a distingués, au point de vue nosologique, en *anémie*, *hydrémie* et *chlorose*. L'expérimentation constate d'ailleurs, dans tous ces états, une altération identique du fluide sanguin.

Andral et Gavarret (1) ont trouvé, comme moyenne du chiffre des globules dans 16 cas d'anémie commençante, le chiffre 109 (**), et dans 24 cas d'anémie confirmée le chiffre 65 : c'étaient des anémies spontanées. Le chiffre le plus bas en globules était, dans ces cas, de 28. Becquerel et Rodier (2), dans leurs analyses fort nombreuses, ont confirmé tous les résultats obtenus par les deux précédents observateurs, et formulé cette conclusion : « La diminution de proportion des globules, caractérisant l'état général auquel on a donné dans ces derniers temps le nom d'*anémie*, s'observe fréquemment dans les maladies, soit comme caractère essentiel, soit comme complication, soit comme phénomène consécutif. »

Dans la *chlorose*, la diminution des globules paraît avoir été signalée, pour la première fois, par Le Canu (3). Le sang d'une chlorotique ne lui a donné que 55,15 de globules. « Par conséquent, dit Le Canu, ce fluide en contenait une quantité proportionnelle de beaucoup inférieure à celle que contient, terme moyen, le sang de femmes en santé, puisque, chez elles, nous avons trouvé cette moyenne égale à 115 millièmes. » La diminution des globules, chez les chlorotiques, a été

(*) BECQUEREL et RODIER, *Comptes rendus de l'Acad. des sciences de Paris*, 21 juin 1847. — CHATIN et BOUVIER, *ibid.*, février 1848. — FOLTZ, *American Journ. of Med. Sc.*, 1848.

(1) *Ouvr. cit.*

(**) On se rappelle que, pour ces observateurs, la *moyenne* des globules serait de 127 à l'état normal.

(2) *Ouvr. cit.*

(3) *Études chimiques sur le sang humain*, thèse inaug. Paris, 1837, n° 395, p. 113.

reconnue aussi par Andral et Gavarret (1), etc., qui ont constaté une élévation légère du chiffre de la fibrine. Enfin les chlorotiques, ayant moins de globules, ont nécessairement moins d'hématosine, et par conséquent moins de *fer* dans une quantité déterminée de sang. Il est, du reste, vraisemblable qu'on ne doit pas attribuer uniquement à cette perte de globules et de fer la maladie dont il s'agit. Il y a là encore d'autres modifications et d'autres causes qui restent à découvrir.

Les *émissions sanguines*, souvent répétées, amènent dans la composition du sang des changements analogues à ceux qu'on observe dans ce fluide chez les chlorotiques : elles diminuent l'abondance des globules, tout en déterminant dans la quantité de fibrine une augmentation bien supérieure à celle qui existe, d'après Andral et Gavarret, chez les personnes atteintes de chlorose.

On ne cite point d'état morbide en rapport avec une augmentation notable d'albumine dans le sang (*), tandis qu'il est des cas assez nombreux où l'on peut constater la *diminution de l'albumine* : il en est ainsi à la suite d'une diète prolongée, d'une alimentation insuffisante, et des diverses phlegmasies où au contraire la fibrine augmente. Il est surtout une classe de maladies, qui semble avoir des connexions assez intimes avec la diminution de l'albumine dans le sang : ce sont les *hydropisies*. Dans la maladie de Bright (albuminurie par affection granuleuse des reins), l'albumine s'en va par les urines, pendant que l'analyse démontre que c'est bien le sang qui l'a perdue, et quelquefois sans aucune altération de ses autres éléments constitutifs.

Chez l'homme, la proportion d'albumine dans le sérum est, terme moyen, de 70 pour 1000 parties de sang.

Le fait de la diminution de ce principe du sang, dans l'albuminurie, signalé par Christison (2), a été nettement établi surtout par Andral et Gavarret (3), puis par A. Becquerel et Rodier (4), Schmidt (5), etc. On a vu dans cette affection, le chiffre de l'albumine s'abaisser de 70 à 63, 61, 58 et même au-dessous de 44. Ce dernier chiffre a été obtenu par Schmidt dans un cas d'albuminurie compliquée d'hydropisie considérable. Il s'y joint souvent une diminution des globules, complication anémique, et cette fois sans que la fibrine augmente ; une complication d'inflammation élèverait à coup sûr le chiffre de la fibrine. — On retrouve aussi la diminution de l'albumine dans quelques autres hydropisies : ainsi, dans celle qui succède parfois à la scarlatine, Andral a toujours vu l'urine albumineuse ; dans un cas où l'hydropisie était survenue, chez un sujet sain jusque-là, par un refroidissement subit, l'urine était pareillement albumineuse, etc. Les individus atteints d'une affection du cœur, avec une anasarque générale, offrent aussi une diminution d'albumine dans leur sang.

Après avoir passé en revue les altérations de composition du sang, soit par diminution, soit par exagération des *principaux éléments organiques* de ce fluide

(1) *Annales de chimie et de physique*, 1840, t. LXXV, p. 225.

(*) ANDRAL (*Hématol. pathol.*, p. 155 et suiv.) admet que l'albumine augmente *légèrement* dans la *chlorose*.

(2) *On the Granular Degeneration of the Kidneys*, 1839, p. 61.

(3) *Annales de chimie*, 1842, t. V, p. 317. — ANDRAL, *Hématol.*, p. 154.

(4) *Rech. sur la compos. du sang*, 1844, p. 110.

(5) *Charakteristik der epidem. Cholera*. Dorpat, 1850, p. 121.

(fibrine, albumine, globules), il nous reste à mentionner celles qui résultent de variations dans la proportion d'autres éléments constitutifs.

A côté des principes albuminoïdes, on trouve, à la fois dans le plasma et dans les globules, des *matières grasses* qui sont réputées être en plus grande proportion dans ces derniers. Elles comprennent des substances qui sont loin d'avoir les mêmes propriétés et une composition analogue : tels sont la séroline, la cholestérine, les acides margarique et oléique, les oléate et margarate de soude (savons du sang), la matière grasse dite phosphorée. On croit assez généralement que les graisses phosphorées sont confinées dans les globules, tandis que les précédents acides gras, puis la cholestérine et la séroline se trouvent en majeure partie, sinon en totalité, dans le plasma.

Il faut savoir tout d'abord que les matières grasses qui, sur 1000 grammes de sang, sont représentées environ par 2 à 3 grammes, peuvent s'élever, durant la période digestive, jusqu'à 12 et 18 grammes ; toutefois ce dernier cas ne s'observe que chez l'animal qui a surtout fait usage d'aliments gras.

On connaît la mission physiologique attribuée aux matières grasses, qui serait de contribuer, plus que toute autre substance, à produire et à conserver la chaleur animale : aussi les a-t-on considérées comme les principaux *aliments respiratoires*, et leur proportion exagérée dans le sang a-t-elle paru se lier à des affections dans lesquelles la combustion respiratoire était plus ou moins empêchée. Rayer (1) a rapporté un cas d'asphyxie par le charbon, où le sang laissait déposer à sa surface des gouttelettes d'apparence huileuse. Des exemples analogues de *sang laiteux*, ou avec excès de graisse, ont été recueillis chez des diabétiques, qui n'offrent habituellement que des phénomènes respiratoires incomplets (Marcet, etc.); surtout aussi chez des individus atteints d'ictère (Becquerel et Rodier) (*), de choléra grave (Fr. Simon).

Nous avons déjà dit que, d'après Becquerel et Rodier (2) l'augmentation de la *cholestérine* serait un des trois principaux caractères des phlegmasies, les deux autres consistant dans l'accroissement de la fibrine et la diminution de l'albumine. Dans ces cas, l'action comburante de la respiration s'atténuerait-elle ou s'exercerait-elle de préférence sur d'autres matériaux ?

Rappelons encore, en terminant, que les matières grasses, normalement contenues dans le sang, semblent exister surtout dans les globules, c'est-à-dire dans les parties vivantes de ce fluide sur lesquelles s'exerce plus spécialement l'action incessante de la respiration.

On a pu contester que la *glycose* (matière sucrée), qui résulte surtout de la transmutation des aliments féculents et sucrés, doive figurer au nombre des principes constitutifs *permanents* du sang, attendu que, dans l'état normal, elle paraît y être bien promptement détruite par l'oxygène que renferme ce liquide. Mais il n'en existe pas moins un état morbide particulier, le *diabète*, qui est caractérisé par la présence d'une quantité anormale de sucre dans le sang, quantité parfois

(1) *Revue médicale*, 1827, t. III, p. 528.

(*) Chez des oies, dont le foie avait subi la dégénérescence graisseuse, LEREBOULLET (*Mém. de l'Acad. de méd. de Paris*, t. VII, 1853) a trouvé le sang laiteux et recouvert de petites gouttelettes de graisse.

(2) *Loc. cit.*

assez considérable pour qu'on puisse obtenir cette matière sous forme cristalline. La détermination de ses proportions dans le sang des diabétiques est surtout due aux analyses d'Ambrosiani (1) et de Rees (2), bientôt confirmées par celles de beaucoup d'autres observateurs. Suivant Mialhe (3), le sang ne contiendrait plus, dans ces cas, la proportion d'alcali libre ou carbonaté sans laquelle l'oxygène ne saurait opérer la décomposition du sucre. De son côté, Bouchardat (4) affirme n'avoir pu trouver, dans le sang diabétique, une diminution notable des principes alcalins. Mais, en définitive, comme les boissons alcalines réussissent dans le diabète ainsi que dans la goutte, on a conservé la tendance à supposer qu'il doit y avoir là un développement plus marqué des principes acides de l'économie.

L'*urée*, produit excrémentitiel qui résulte de l'oxydation des matières albuminoïdes soit des tissus, soit du sang lui-même, et qui doit être compris parmi les éléments normaux de ce fluide, s'y trouve en faible proportion (0,018 pour 100 d'après Marchand et 0,016 selon J. Picard). Mais ce principe peut s'accumuler d'une manière anormale dans le sang, et donner naissance à l'affection qu'on désigne sous le nom d'*urémie*. Dans l'état physiologique, le sang se débarrasse de l'urée par la sueur, les sécrétions intestinales et surtout par l'urine. Aussi est-il rationnel de supposer que toute cause qui arrêtera le travail par lequel ce principe immédiat est ordinairement éliminé de l'organisme à mesure qu'il se forme, sera surtout capable d'en augmenter la proportion dans le sang. C'est ainsi que l'ablation des reins (Prévost et Dumas), la maladie de Bright ou affection granuleuse de ces organes (Christison, Rees, Babington, etc.), la néphrite aiguë (Romberg), la période fébrile terminale du choléra où la sécrétion urinaire est supprimée (O'Shaughnessy, Marchand, Schmidt, etc.), ont provoqué l'accumulation de l'urée dans le sang.

On sait que, d'après une théorie, défendue surtout par Frerichs (de Breslau), la source des principaux accidents de la maladie de Bright consisterait dans la rétention de l'urée dans le sang et sa conversion en carbonate d'ammoniaque : ce dernier produit se retrouverait alors à la surface de la muqueuse digestive et dans l'air expiré. Quoi qu'il en soit de cette théorie, il ne paraît plus douteux que de l'ammoniaque ne puisse, en certains cas (choléra par exemple), apparaître en faible proportion dans le sang, pour s'échapper ensuite par les voies pulmonaires.

Quant à l'*acide urique*, qui est regardé comme le produit d'un travail de combustion éliminatoire moins avancée que pour l'urée, et dont il faut sans doute rapporter l'origine surtout à une oxydation incomplète des vrais principes immédiats du sang, il a été rencontré en combinaison avec la soude, en proportion plus considérable que de coutume, aussi bien que l'urée, dans le sang des goutteux, dans celui des albuminuriques (5).

Le *chlorure de sodium* (sel marin) représente, comme on le sait, un des principes les plus importants du sang. Ses proportions, presque invariables, au dire de Liebig (6), paraissent à peine augmenter en raison de la quantité

(1) *Annali universali* d'OMODEI, 1835.
(2) GUY'S *Hospital Reports*, octobre 1838.
(3) *Bulletin général de thérapeutique*, 1849, t. XXXVI, p. 198.
(4) *Du diabète sucré* (*Mém. de l'Acad. de méd. de Paris*, 1851, t. XVI).
(5) MAZUYER, *Arch. génér. de méd.*, 1826, t. XI, p. 132. — GARROD, *Med. Chir. Transact.*, 1848, t. XXXV, et 1854, t. XIX.
(6) *Nouvelles lettres sur la chimie*, trad. franç., p. 181.

de sel ingéré par les aliments, le surplus s'échappant du corps par les fèces, les urines, la sueur, etc. « Cela, ajoute ce chimiste, semble indiquer dans les vaisseaux sanguins une action particulière qui s'oppose à la fois à la diminution et à l'augmentation du sel marin, puisque la proportion ne s'en élève pas au delà d'une certaine limite. » Les résultats obtenus par Becquerel et Rodier (1), par Plouviez et Poggiale (2), semblent tendre à détruire ce qu'il y a d'un peu absolu dans l'assertion du chimiste allemand, qui pourtant n'a pas posé de limites fixes. Par exemple, après une médication saline continuée pendant plusieurs mois, la proportion de sel marin dans le sang s'est élevée de 4,4 à 6,4 sans qu'aucun trouble se soit manifesté dans l'économie (Plouviez et Poggiale). Personne n'ignore que la suppression ou une notable diminution de ce principe salin, dans le régime, finit par amener une altération grave de la santé. Les symptômes de l'*anémie*, avec diminution de la proportion des globules et de l'albumine du sang, apparaissent bientôt (3). Dans les expériences de Plouviez et Poggiale, la proportion des globules hématiques s'est au contraire élevée, chez l'homme, de 130 à 143 sous l'influence d'une alimentation fortement salée et suffisamment prolongée. Rappelons d'ailleurs que les observations les plus exactes tendent à établir que l'abondance des globules rouges doit être regardée comme une condition de puissance vitale. Quand on considère que, sans cesse introduit dans le sang et mêlé à l'albumine, le chlorure de sodium concourt avec elle à prévenir la dissolution des globules sanguins, à favoriser au contraire la dissolution de certains éléments organiques et leurs métamorphoses en présence de l'oxygène, on comprend que cet élément du sang, auquel est confié un pareil rôle, doive se trouver dans un rapport jusqu'à un certain point invariable, même dans la plupart des maladies.

Quand le *phosphate de chaux* est notablement diminué dans le sang, par suite de sa suppression dans le régime, on voit les os s'amincir et devenir fragiles (Chossat). « Dans l'état morbide, disent Becquerel et Rodier (4), les variations que subit ce principe sont assez importantes, et l'on peut presque dire que c'est un des éléments du sang qui soit le plus influencé par les maladies. » A l'état physiologique, il varie entre 0,40 et 0,30, suivant ces auteurs; mais dans presque tous les cas morbides il devient plus abondant, et, dans l'anémie en particulier, il s'élève jusqu'à 0,54 ; dans la phthisie pulmonaire et dans la fièvre typhoïde à 0,49; dans la chlorose à 0,44, et dans la grossesse à 0,42. On s'explique facilement pourquoi le phosphate de chaux manque si souvent dans l'urine des femmes enceintes pendant les derniers mois de la grossesse : ce sel est alors transmis au fœtus par endosmose avec les autres matériaux nutritifs qu'apporte le sang maternel.

D'après Cahen (5), la proportion des *éléments alcalins* du sang est diminuée dans les maladies inflammatoires, tandis qu'elle est augmentée dans la fièvre typhoïde.

Rappelons ici, en passant, ce fait intéressant qui a été constaté par la plupart

(1) *Traité de chimie pathologique*, p. 65.

(2) *Comptes rendus de l'Acad. des sc. de Paris*, 1847, t. XXV, p. 112.

(3) Barbier, *Note sur le mélange du sel marin aux aliments de l'homme* (*Gaz. méd. de Paris*, 1838, p. 301).

(4) *Ouvr. cit.*, p. 68.

(5) *Recherches expérim. sur l'alcalinité du sérum du sang de l'homme*, Mém. lu à l'Acad. de méd. de Paris, dans la séance du 2 juillet 1850.

des chimistes, c'est que la presque totalité des sels à base de potasse se trouve dans les globules, tandis que la soude et ses sels sont quatre fois plus abondants dans le plasma que dans ces corpuscules ; qu'enfin les phosphates terreux, dont le sang des oiseaux de basse-cour est si riche, se rencontrent en plus grande proportion dans le plasma, et que la totalité du *fer* que le sang renferme appartient aux globules.

Il a été déjà question des *changements de proportion du fer* dans le sang à propos de la chlorose. On a vu ce principe minéral diminuer non-seulement dans cette affection, mais aussi dans les phlegmasies en général, la phthisie pulmonaire et l'anémie (1). La même remarque a été faite pour la grossesse.

La quantité d'*eau* contenue en moyenne dans le sang normal de l'homme peut être estimée de 780 à 800 pour 1000 grammes de sang, ou bien, en envisageant le sérum à part, de 880 à 900 pour 1000 grammes de sérum. C'est elle qui, non-seulement dans le plasma, tient en dissolution tous les matériaux solubles du sang, mais qui de plus, infiltrant la substance des globules, entre dans leur constitution intime. Or, dans les maladies, la quantité proportionnelle de l'eau du sang diminue bien rarement (dans certains cas de pléthore, d'ictère simple, surtout dans le choléra épidémique) ; au contraire, elle augmente fréquemment et beaucoup, d'après Becquerel et Rodier (2), surtout dans la diète prolongée, la privation absolue d'aliments, les pertes sanguines un peu notables, les flux considérables, les suppurations abondantes, les hydropisies intenses, les diarrhées prolongées, les sialorrhées considérables, l'intoxication paludéenne, l'intoxication saturnine, les diathèses cancéreuse et tuberculeuse.

Quant aux variations que peuvent présenter dans les maladies, sous le rapport de la quantité, les *trois gaz contenus dans le sang* (oxygène, acide carbonique, azote), la science n'a de données que sur l'acide carbonique (*). Il a été constaté que l'acide carbonique exhalé du sang, au lieu de varier entre 3 et 5 pour 100 (limites physiologiques), pouvait osciller entre 1 et 8 selon les états morbides. Dans le choléra, la proportion d'acide carbonique, dans la période algide, tombe de 10 à 20 pour 1000 de gaz inspiré, et revient peu à peu à 20, 25 et même 30, dans la convalescence (Doyère). La quantité d'acide carbonique expiré diminue dans la fièvre typhoïde, la rougeole, la variole, la scarlatine, et elle augmente dans le scorbut, le purpura, les accès de fièvre intermittente et les phlegmasies, à l'exception de celles qui gênent la respiration et la circulation (Hervier et Saint-Lager). Les femmes chlorotiques expireraient plus d'acide carbonique qu'à l'état normal (Hannover).

Ainsi, nul doute que les proportions de l'acide carbonique du sang ne puissent

(1) BECQUEREL et RODIER, *ouvr. cit.*, p. 69.

(2) *Ouvr. cit.*, p. 48.

(*) Consultez à ce sujet : ANDRAL et GAVARRET, *Rech. sur la quantité d'acide carbonique exhalé par le poumon dans l'espèce humaine*, Mém. communiqué à l'Acad. des sciences de Paris, dans sa séance du 13 janvier 1843. — HANNOVER, *De quantitate relativa et absoluta acidi carbonici ab homine sano et ægroto exhalati*. Haniæ, 1845. — P. HERVIER et SAINT-LAGER, *Recherches sur les quantités d'acide carbonique exhalé par le poumon à l'état de santé et de maladie*. Lyon, 1849, in-8. — RAYER, *Examen comparatif de l'air expiré par des hommes sains et les cholériques, etc.* (*Gaz. méd. de Paris*, 26 mai 1832, t. III, p. 277). — DOYÈRE, *Mém. sur la respiration et la chaleur humaine dans le choléra* (*Moniteur des hôpitaux*, 1854, t. II, p. 97).

varier dans certaines limites, dans l'état de maladie, mais ces limites sont loin d'être encore suffisamment précisées.

En terminant la précédente esquisse des variations de composition du sang dans les conditions pathologiques, je mentionnerai un état particulier de ce fluide sur lequel Virchow (1) et Bennett (2) ont, les premiers, appelé l'attention : je veux parler de la *leukémie* ou *leucocythémie*, espèce d'altération du sang qui consiste dans un accroissement de la proportion des globules blancs ou incolores. Il paraît résulter de recherches assez multipliées, entreprises dans cette direction par les pathologistes (*), que cette singulière modification du fluide sanguin se rencontre surtout, mais non exclusivement, chez des individus atteints d'hypertrophie de la rate ou des ganglions lymphatiques. Cet état du sang se traduit ordinairement par un affaiblissement général des forces, des accidents de chlorose, des bruits de souffle vasculaire, des hémorrhagies par les membranes muqueuses, une dyspnée plus ou moins intense, etc., le plus souvent suivis d'une terminaison fatale.

Nous n'avons à revenir ni sur les *différences de composition entre le sang veineux et le sang artériel*, ni sur celles qui existent dans le *sang veineux* lui-même *suivant les diverses parties du corps*. Cette double étude a été faite précédemment (pages 496-499) (**).

(1) *Archiv für path. Anat. und Physiol.*, 1853, t. I, p. 547 ; t. II, p. 587 ; t. V, p. 41.
(2) *Leucocythemia or white Cells Blood*, etc. Edinburgh, 1852.

(*) Consultez à ce sujet : Uhle (*Arch. für Path., Anat.*, etc., t. V, p. 476. — Greisinger, *même Recueil*, 1853, t. V, p. 391. — Heschl, *ibid.*, t. VIII, p. 353. — Leudet, *Gaz. hebdom. de méd. et de chir.* Paris, 1855, t. II, p. 525. — Vidal, *même Journal*, 1856, t. III, p. 99.

(**) Quant aux *différences de température* entre le sang des artères et celui des veines, ce n'est pas le lieu d'en parler : elles seront examinées dans une autre partie de cet ouvrage, à propos de la chaleur animale.

DE LA CIRCULATION.

I. — Il existe, dans les animaux et dans les plantes, un liquide particulier (fluide nutritif, sang, séve) agité d'un mouvement circulaire ou simplement oscillatoire qui lui permet de se reconstituer sans cesse et de distribuer aux diverses parties de l'organisme les matériaux de la nutrition.

Aux degrés inférieurs de l'animalité on ne trouve, chez certains êtres (Spongiaires, Infusoires astomes, etc.), qu'un parenchyme organique sans traces de vaisseaux, lequel, pour se nourrir, absorbe les fluides ambiants tant gazeux que liquides. Chez d'autres, dont l'organisation est un peu moins imparfaite, il y a une cavité digestive dans laquelle des cils vibratiles font mouvoir, sous forme de courants, le liquide digestif lui-même, qui de là passe directement dans un parenchyme encore dépourvu de vaisseaux, et peu à peu s'y infiltre. Mais, dans ces organismes inférieurs, aucune partie n'a encore des besoins propres et différents de ceux des autres parties; il y a diffusion, dans tout l'animal, des substances apportées du dehors et de celles qui doivent être excrétées. C'est seulement à mesure que des organes spéciaux se montrent et que les humeurs prennent des directions déterminées vers tel ou tel d'entre eux, qu'on voit naître des vaisseaux qui alors sont à la fois les réceptacles des produits absorbés en vue de la nutrition et les distributeurs de ces produits : on conçoit que, par exemple, quand l'absorption gazeuse vient à se séparer de l'absorption liquide ou alimentaire, des voies spéciales puissent devenir nécessaires pour transporter des organes digestifs aux organes respiratoires le produit liquide de cette dernière absorption.

C'est donc à des organismes complexes, dans lesquels le système vasculaire remplit aussi le rôle de régulateur du cours des fluides, qu'il faut s'adresser pour avoir l'idée d'une *circulation* parfaite, et pour étudier, dans son admirable mécanisme, ce mouvement incessant qui porte à chaque partie le fluide qui lui est nécessaire pour son accroissement, ses fonctions, sa vie individuelle.

Chez les animaux supérieurs, l'appareil vasculaire ou circulatoire, envisagé dans son ensemble (vaisseaux sanguins et lymphatiques), forme un système de canaux ramifiés, clos de toutes parts, et n'offrant, en aucun point de leur trajet, les moindres orifices appréciables. Par conséquent, d'une part, les fluides qui ont à pénétrer dans les voies fermées de la circulation, et d'autre part, ceux qui ont à en sortir pour les besoins des sécrétions et de la nutrition, ne le font qu'en passant à travers les parois vasculaires, c'est-à-dire à travers les filtres les plus fins qui se puissent imaginer.

En un point variable du précédent appareil existe un organe d'impulsion, le *cœur*, secondé dans son rôle par des moyens ou par des forces auxiliaires dont l'action a pour but une direction déterminée et constante du sang.

Prendre en différents points de l'organisme les matériaux du fluide nutritif,

transporter ce fluide au contact vivifiant de l'air, lui imprimer son mouvement vers les divers organes qui doivent trouver en lui les éléments de leur conservation ou de leur développement, tel est le but fonctionnel de l'appareil circulatoire.

Le mécanisme d'une portion de cet appareil nous est déjà connu : à propos du cours de la *lymphe* et du *chyle* (*), nous avons dû étudier les causes ou les forces qui, hors de la sphère d'action du cœur (les lymphatiques ne communiquant pas avec les artères), sollicitent ces deux liquides réparateurs du sang à une progression continuelle dans leurs vaisseaux propres (**). — Il nous reste donc à faire connaître le mécanisme de la circulation seulement dans le *système sanguin*.

Mais, avant d'arriver aux animaux supérieurs, il importera, pour se rendre compte des nombreuses variétés du précédent mécanisme, de jeter un coup d'œil sur les principaux types du système vasculaire, de mentionner les particularités les plus remarquables que ce système présente dans la série animale.

Cette dernière étude suivra immédiatement les *considérations générales et historiques sur la circulation* que nous croyons devoir exposer d'abord.

II. — Les médecins et les naturalistes de l'antiquité, même à l'époque où il leur fut permis de s'éclairer du flambeau de l'anatomie, restèrent dans l'ignorance du *mouvement circulaire* du sang. C'est qu'en effet l'appareil circulatoire n'est pas de ceux dont la seule inspection puisse révéler la fonction ; bien plus, l'état du système vasculaire, sur le cadavre, devait presque nécessairement faire naître une illusion, et c'est ce qui arriva. Les artères, alors vides de sang et montrant leur cavité béante lorsqu'on les incise, parurent destinées à loger de l'air ou quelque esprit subtil, et le nom d'*artères* qui leur fut donné restera pour perpétuer le souvenir de cette erreur des premiers âges ; les veines seules furent considérées comme des vaisseaux sanguins. Telle était l'opinion d'Hippocrate, d'Aristote, d'Hérophile, d'Érasistrate, etc., qui vivaient dans les IVe et Ve siècles avant l'ère chrétienne.

Au IIe siècle de notre ère, Galien (1) découvrit, à l'aide de vivisections, que les artères contiennent du sang, il reconnut même que ces vaisseaux communiquent avec les veines ; mais, comme pour payer sa dette à l'erreur, il professa que les deux cœurs communiquent entre eux par de nombreuses ouvertures dont serait criblée la cloison qui les sépare.

La doctrine de Galien est celle-ci : du sang qui arrive dans le ventricule droit du cœur, une *partie* se rend par l'artère pulmonaire dans les poumons, et sa destination ne dépasse point ces organes ; l'autre *partie* traverse la cloison interventriculaire par des trous à peine perceptibles sur le cadavre, mais qui sont beaucoup plus dilatés pendant la vie. Cette partie du sang, arrivée du ventricule droit dans le *ventricule gauche*, s'y combine avec l'*air* venu des poumons dans cette cavité, et, après la combinaison opérée, passe dans l'aorte et va se distribuer partout. — Préoccupés de l'idée que Galien avait connu la direction du cours du sang dans

(*) Voyez ci-dessus, page 429 et suiv.

(**) Comme autre source importante de réparation du sang, on ne doit pas évidemment oublier les matériaux organiques, solubles et alimentaires, que les *veines* elles-mêmes puisent si abondamment dans le tube digestif.

(1) *Opera omnia*, dans le traité intitulé : *An sanguis in arteriis naturâ contineatur ?* Paris, 1536 ; et aussi dans le traité *De usu partium*, lib. VI et VII.

les artères, ainsi que les relations qui existent entre les extrémités des systèmes artériel et veineux, qu'il avait même su que le sang, passé des artères dans les veines, est versé par les gros troncs de ces dernières dans les cavités droites du cœur, quelques historiens ont cru pouvoir soutenir qu'il était arrivé à découvrir la circulation, alors qu'il n'avait fait que répandre les germes de cette découverte dans plusieurs de ses admirables livres.

La vérité est que Galien ignora complétement le retour du sang du poumon dans les cavités gauches du cœur, et qu'il crut que les veines portaient le sang aux parties comme les artères. Suivant lui, parmi les organes, les uns se nourrissent de sang grossier (*veineux*), les autres de sang subtil ou spiritueux (*artériel*). Mais l'*esprit*, cette partie la plus pure du sang, ne se forme que dans le ventricule gauche; et pourtant, comme il faut même au sang veineux, pour qu'il puisse servir à la nutrition, une certaine proportion d'*esprit*, il faut donc aussi que les deux ventricules, celui de l'esprit et celui du sang veineux, communiquent ensemble : c'est ce qui a lieu, selon Galien, par les porosités de la cloison qui les sépare.

Pendant près de quatorze siècles, les opinions de Galien eurent une autorité inviolable, et l'on continua à admettre et à montrer au besoin les pertuis de la cloison interventriculaire. Vésale (1), à l'époque de la renaissance, fut le premier à prouver que cette disposition n'existe pas ; mais, en même temps, il confirma l'assertion de Galien que les artères renferment du sang durant la vie. Il institua même des expériences dans le but de montrer que le cours du sang se fait, dans les artères, du cœur vers les extrémités; que ce mouvement est rapide, et que ces vaisseaux se remplissent et se distendent quand le cœur se contracte. Il reconnut que, dans une artère coupée, le mouvement du sang cesse au-dessous de la section, et qu'on peut l'y rétablir en mettant un tube à la place du morceau de vaisseau divisé. Vésale observa encore que, si l'on fait une ligature à une veine, la partie la plus proche du cœur s'affaisse. — Et néanmoins, contradictoirement à tous ces faits, il continua à supposer, avec les anciens, que le sang est porté du cœur dans tout le corps au moyen des veines. Nous verrons bientôt que G. Harvey fut plus heureux dans l'interprétation des mêmes faits.

A peu près à l'époque où Vésale établissait que la cloison médiane du cœur n'est point perforée et que le sang ne saurait se rendre ainsi d'un ventricule à l'autre, Michel Servet, dans un ouvrage théologique (2), indiquait nettement le passage du sang du cœur droit dans le cœur gauche *à travers les vaisseaux pulmonaires*. Il avançait que, du ventricule droit, le sang passe dans l'artère pulmonaire (*veine artérieuse*) et va se distribuer dans le poumon, non pour le nourrir, cas dans lequel ce vaisseau n'aurait point un tel volume, mais pour y être élaboré et purifié par un esprit qu'il reçoit de l'air respiré, et par l'exhalaison d'une matière fuligineuse qu'il expire. Servet soutenait également (et c'est ici surtout qu'il avait dépassé Galien) que le sang passe des divisions de l'artère pulmonaire dans les veines du même nom (*artères veineuses*), et de là dans le cœur gauche. Frappé par les changements que le sang subit dans les poumons, Servet a non-seulement décrit la véritable marche du sang d'un cœur à l'autre par ces organes, il a encore signalé le véritable lieu de la *sanguification*, de la trans-

(1) *De corporis humani fabrica*, lib. VI, cap. XV (*Opera omnia*, t. I, p. 517 et 519, édit. 1725).
(2) *Christianismi restitutio : De Trinit. divin.*, etc., lib. V, p. 169, ann. 1553.

formation du sang, du changement du sang noir en sang rouge : pour les anciens, le siége de la sanguification était dans le foie; Servet l'a placé, à juste titre, dans le poumon. « Le sang, dit-il, passe de la veine artérieuse (artère pulmonaire) dans le poumon et dans les artères veineuses (veines pulmonaires), par le même mécanisme qu'il passe de la veine porte dans le foie et la veine cave inférieure. » On ne pouvait faire un plus heureux rapprochement.

La circulation pulmonaire était donc trouvée, et Michel Servet, au milieu de controverses religieuses qui devaient lui attirer une fin si tragique (*), venait de conquérir un rang élevé dans la science.

Toutefois Servet n'avait, pour ainsi dire, que deviné ce phénomène compliqué et jusque là impénétrable de la circulation pulmonaire. Son système, quoique vrai, n'était pas fondé sur l'expérience, et il lui eût été difficile de le soutenir, puisqu'il ignorait la force du cœur pour pousser le sang, et l'action de ses valvules pour diriger l'exercice de cette force.

Sans avoir pu connaître le livre de Servet, Realdo Colombo (1), en 1559, démontra le véritable usage des valvules du cœur, et décrivit derechef, presque en même temps que Cesalpino (2), la circulation pulmonaire. La description de Colombo est peut-être encore plus précise et plus lumineuse que celle qu'avait donnée Servet lui-même.

Quant à Cesalpino, qui avait été précédé par Servet et Colombo dans la connaissance de la circulation pulmonaire, il a de plus qu'eux la gloire d'avoir, le premier, conçu et défini la circulation générale, sans toutefois l'avoir suffisamment démontrée, ce qui bientôt devait être fait par le génie sévère et puissant de G. Harvey.

Charles Estienne (3) reconnut l'existence des valvules des veines, valvules mieux vues encore par Fabrizio d'Acquapendente (4); mais ni l'un ni l'autre ne conclurent de leur découverte à la direction centripète du cours du sang veineux. Cependant les *valvules* sont la preuve anatomique que le sang revient sur lui-même, c'est-à-dire qu'il circule.

Tel était l'état de la science quand Guillaume Harvey (5) publia, en 1628, son immortelle découverte de la circulation du sang.

On a pu dire avec raison que, quand ce grand homme parut, tout, relativement à la circulation, avait été indiqué ou soupçonné, et que rien n'était établi. Si, en effet, les éléments fondamentaux d'une solution du problème avaient été entrevus ou même trouvés, assurément il n'en restait pas moins une tâche fort difficile à accomplir : c'était de faire sortir d'un chaos de faits épars et confus, de raisonnements trop souvent contradictoires, un système simple et irrévocablement démontré. Cette tâche a été accomplie par G. Harvey.

Harvey commence par éclairer la route en écartant les erreurs de l'antiquité ; il décrit ensuite avec précision les mouvements du cœur dans un animal vivant ;

(*) A l'instigation de CALVIN, l'infortuné SERVET fut brûlé vif à Genève le 26 octobre 1553. L'ouvrage qui avait servi de prétexte à sa condamnation fut jeté dans le bûcher ; deux exemplaires seulement purent, dit-on, être conservés.

(1) *De re anatomica.* Venise, 1559, lib. VII.

(2) *Quæstionum peripateticorum*, lib. V, p. 125. Venise, 1593.

(3) *De dissectione partium corporis humani.* Paris, 1545, in-fol., libri tres.

(4) *De venarum ostiolis* (*Opera omnia anat. et physiol.*, édit. 1738, p. 150, pl. 1 à 8).

(5) *Exercitatio anatomica de motu cordis et sanguinis in animalibus.* Francofurti, 1628, in-4, cap. 1, p. 20.

il montre sa structure musculaire, les contractions alternatives des ventricules et des oreillettes, l'effet qu'elles doivent avoir de chasser le sang avec force dans les artères, effet déterminé dans cette direction par le mécanisme des valvules cardiaques. Enfin il établit, sur des expériences nombreuses et admirablement interprétées, sa doctrine des deux circulations, *grande* et *petite*. — Aujourd'hui il serait superflu de rappeler tous les arguments dont G. Harvey a dû se servir pour étayer cette doctrine. Aussi ne ferons-nous qu'énoncer ici quelques-unes de ses preuves expérimentales, dont l'interprétation peut nous sembler facile aujourd'hui, mais contre laquelle néanmoins nous avons déjà vu échouer le génie du fondateur de l'anatomie moderne, de l'illustre Vésale.

Quand une artère est ouverte, dit Harvey, le sang en sort par jets inégaux, alternativement plus faibles et plus forts; mais toujours les plus forts coïncident avec la *diastole* de l'artère, due à l'entrée du sang dans sa cavité, et par conséquent avec la systole ventriculaire. — Sur un animal vivant, coupe-t-on une artère transversalement, le sang continue à jaillir par saccades de la portion du vaisseau restée en communication avec le cœur, tandis qu'il cesse bientôt de couler par le bout séparé de cet organe d'impulsion. — Lorsque le bras est lié, comme pour une saignée, les veines se gonflent au-dessous de la ligature, deviennent noueuses au niveau de leurs valvules et de leurs divisions. Si l'on refoule le sang en bas avec le doigt promené sur une veine, le sang pressé rétrograde, cette veine se gonfle de plus en plus et les nœuds de ses valvules sont de plus en plus marqués; au contraire, si l'on repousse le sang en haut, il passe librement. Il devient donc évident que les valvules veineuses, dont Harvey devait la connaissance à son maître Fabrizio d'Acquapendente, s'opposent au mouvement rétrograde du sang veineux, c'est-à-dire qu'elles ne permettent à ce fluide qu'un seul mouvement, celui qui porte le sang veineux des parties périphériques au cœur. — Quand une artère est oblitérée, le sang s'accumule entre le cœur et l'obstacle; c'est, au contraire, entre le point obstrué et les capillaires généraux que le sang s'amasse, s'il s'agit d'une veine : dans les artères, le sang coule donc du cœur vers les extrémités; dans les veines, des extrémités vers le cœur. — Vient-on à ouvrir une artère et à laisser couler le sang, tout le sang de l'animal sort par cette ouverture : en serait-il ainsi, s'il n'y avait un passage continuel de ce liquide du cœur aux artères, des artères aux veines, des veines au cœur, c'est-à-dire une vraie circulation ? etc.

Nous bornant à ces citations, empressons-nous de reconnaître qu'à Guillaume Harvey revient incontestablement l'honneur d'avoir, le premier, *démontré* la circulation du sang, de s'être fait de cet admirable mécanisme une idée générale, précise, et d'avoir su découvrir la vérité sur un sujet qui, pendant si longtemps, avait exercé le génie des plus grands observateurs de l'antiquité et de la renaissance.

Quant aux nombreux adversaires que suscita à Harvey la publication de sa découverte, nous n'avons pas à nous en occuper ici : même avant la mort de ce grand homme, arrivée en 1657, la voix de la vérité s'était élevée plus haut que toutes leurs clameurs.

Pouvoir constater *de visu* le passage direct du sang des artères dans les veines eût été asssurément un suprême bonheur pour Harvey. Ce bonheur était réservé à Malpighi (1), qui, vers 1661, examinant à l'aide du microscope le poumon et le

(1) *De pulmonibus epistola II* (*Opera omnia*, t. II).

mésentère d'une grenouille, put contempler le spectacle, si beau pour un physiologiste, de la circulation du sang dans les vaisseaux capillaires. Ainsi Malpighi montra aux yeux ce que Harvey avait montré à l'esprit.

A partir de ce moment, on ne fit plus guère que perfectionner l'étude anatomique du système circulatoire. La découverte des injections colorées dans les vaisseaux rendit cette étude plus facile, et, entre les mains de Ruysch et de Swammerdam, fournit de nouvelles démonstrations des commmunications que les capillaires établissent entre les systèmes artériel et veineux (*).

III. — Les progrès que la physiologie de la circulation allait faire dans des temps plus modernes devaient être d'un tout autre ordre. — On connaissait, il est vrai, le trajet circulaire du sang. Mais pourquoi voit-on ce fluide, chassé par le cœur d'une manière intermittente, être animé d'un mouvement continu et régulier dans les capillaires et dans les veines? L'expérimentation a appris que cette transformation du mouvement est un effet mécanique de l'élasticité des artères. — Comment aussi, avec un agent unique d'impulsion, alors que l'impulsion première reste sensiblement la même, voyons-nous telle partie du corps recevoir du sang tantôt plus et tantôt moins abondamment, se congestionner ou pâlir, s'échauffer ou se refroidir? Déjà le besoin d'explications entraînait les observateurs dans le champ trop souvent stérile des conjectures : la physiologie expérimentale est venue prouver que les influences nerveuses agissent pour la distribution locale du sang; elle a substitué à l'hypothèse du *molimen* et du *raptus* un fait réel, la *force contractile des parois vasculaires*, avec ses variations, et, dans ce nouveau genre de recherches, elle acquiert chaque jour des faits nouveaux dont elle donne la véritable interprétation. — Ces battements artériels, que les anciens expliquaient par une *vertu pulsifique*, ont été réduits aux lois mécaniques du mouvement des liquides, etc.

La circulation, qu'autrefois on étudiait d'une manière isolée, envisagée aujourd'hui dans ses rapports avec les autres fonctions de la vie organique, nous apparaît comme un lien commun qui les rattache les unes aux autres. Par exemple, que sous l'influence d'une excitation nerveuse il s'établisse une sécrétion, à titre d'*effet réflexe*, c'est par l'intermédiaire de la circulation que l'influence nerveuse excite la fonction de la glande, et, au moment où la sécrétion se produit, on voit le cours du sang, dans les petits vaisseaux relâchés, être à la fois plus rapide et plus facile; par le resserrement de ces mêmes vaisseaux, la circulation est-elle diminuée dans la glande, la sécrétion se tarit presque sur-le-champ. — Les centres nerveux, à leur tour, sont dans la dépendance immédiate de la circulation ; car, si la proportion du sang qui leur arrive n'est pas constante, leur activité fonctionnelle variera dans le même rapport, et maintenant on admet qu'un grand nombre d'états paralytiques ou convulsifs passagers tiennent à un état, passager lui-même, de congestion ou d'anémie des centres nerveux, etc.

Il était naturel que, dans les travaux successifs sur la circulation, les pre-

(*) A propos de l'histoire de la découverte de la circulation du sang, consultez notamment: SÉNAC, *Traité de la structure du cœur, etc.*, 2e édit. Paris, 1777, t. I, p. 68-102. — PORTAL, *Hist. de l'anat., etc.*, t. II, p. 467. — KURT SPRENGEL, *Hist. de la méd.*, trad. franç., t. IV, p. 28; p. 85 et suiv. — A.-F. HECKER, *Arch. für die allgemeine Heilkunde*. Berlin, 1790, t. I. — LITTRÉ, *Introduct. aux Œuvres d'Hippocrate*, p. 202 et suiv. — P. FLOURENS, *Histoire de la découverte de la circulation du sang*. Paris, 1854.

mières études fussent dirigées vers l'organe d'impulsion du sang, et que les usages de cet organe fussent les premiers connus. L'inspection attentive du cœur, dont les mouvements sont si apparents, la disposition de ses valvules qui révèle leur mécanisme, devaient aussi conduire à la connaissance du circuit harvéien, bien avant qu'on soupçonnât l'existence de la *contractilité des petits vaisseaux*, comme moyen régulateur du mouvement du sang dans les organes. Cette dernière découverte ne pouvait se faire que par suite des progrès accomplis à la fois dans l'étude de l'histologie et dans celle des fonctions du système nerveux.

Aujourd'hui les idées sur la circulation ont donc dû se modifier. Le cœur, s'il demeure l'organe central de la circulation, a perdu de l'importance trop exclusive qu'on lui accordait : dans les conditions ordinaires, il paraît doué d'une force sensiblement constante, et puisque alors le cours du sang dans les organes n'a pas toujours la même activité, il faut donc bien chercher la cause de ce phénomène dans les parties périphériques du système circulatoire; dans les différentes résistances qu'éprouve le sang à traverser les tissus, sous l'influence de la contractilité vasculaire, propriété qu'on sait influencée elle-même par le système nerveux. C'est dans cette direction qu'ont été instituées des recherches encore toutes récentes qui sont venues éclairer d'un nouveau jour l'histoire des *sécrétions* et de la *chaleur animale*.

Du reste, combien d'autres questions n'ont pas dû être abordées ou reprises, après la mémorable découverte d'Harvey, et quels efforts la science n'a-t-elle pas dû faire dans le but de combler les *desiderata* d'une pareille œuvre! — Évaluation de la force du cœur; analyse approfondie des mouvements et des bruits de cet organe; examen de sa prétendue omnipotence dans la circulation; mesure de la rapidité du cours du sang et des différences de vitesse que ce fluide peut offrir dans son trajet; influence des mouvements respiratoires et du système nerveux sur la circulation; causes et effets des changements de vitesse du sang dans les vaisseaux capillaires, etc., ne sont-ce pas là autant de problèmes légués par Harvey à ses successeurs? Nul doute que, depuis le physiologiste anglais, en dépit de beaucoup de travaux sans avenir et d'hypothèses sans valeur, l'histoire de la circulation ne se soit perfectionnée et enrichie d'un grand nombre de faits nouveaux qu'il nous faudra examiner au fur et à mesure que nous avancerons dans l'étude de cette fonction, étude d'ailleurs si féconde en applications à la science médicale.

CIRCULATION DANS LA SÉRIE ANIMALE.

Nous avons dit déjà qu'au bas de l'échelle zoologique il y a des animaux formés par un parenchyme organique sans traces de vaisseaux, et que c'est seulement à mesure qu'apparaissent des organes spéciaux ou que les humeurs prennent des directions déterminées, qu'on voit se développer un système plus ou moins complet de canaux destinés à contenir le fluide nourricier ; nous avons dit encore que l'appareil circulatoire, qui va se compliquant de plus en plus, finissait, chez les animaux supérieurs, par se composer de deux systèmes continus et distincts : le système sanguin et le système lymphatique.

L'absorption, ou pénétration du dehors au dedans de liquides et de fluides élastiques, est le premier terme de l'échange continuel et nécessaire qu'entretient tout être vivant avec les choses du dehors. Or, nous venons de le voir, la

forme vasculaire n'est point une condition indispensable à l'accomplissement de cet acte fondamental, puisque certains êtres inférieurs, absolument dépourvus de vaisseaux, absorbent par la périphérie de leur corps les fluides, tant gazeux que liquides, dans lesquels ils sont plongés, et finalement s'en nourrissent et vivent. Les spongiaires, qui constituent la dernière classe des ZOOPHYTES, sont dans ce cas ; il en est de même des infusoires astomes.

Chez d'autres zoophytes, dont l'organisation est un peu moins imparfaite, et qui, encore privés de voies vasculaires, sont munis de cavité digestive, on voit l'eau arriver directement du dehors dans cette cavité et ses divisions : là, des cils vibratiles font mouvoir ce liquide chargé de matériaux alimentaires que le travail digestif modifie quelque peu, et qui bientôt doivent s'infiltrer de proche en proche dans la trame organique La cavité digestive et ses prolongements, l'eau chargée de matières assimilables, représentent donc ici à la fois le canal alimentaire, l'appareil circulatoire et le sang des animaux supérieurs.

Ce caractère d'infériorité physiologique tend bientôt à disparaître, notamment dans les acalèphes : une sorte de séparation s'établit entre la portion gastrique proprement dite de la cavité digestive et sa portion irrigatoire. La première devient plus spécialement chargée de l'élaboration des matières alimentaires, et constitue un estomac assez bien délimité, tandis que la portion périphérique devient inapte à recevoir des matières solides d'un volume un peu considérable, et ne laisse passer que les liquides plus ou moins nourriciers qui ont été préparés dans la cavité digestive (1). La délimitation entre la portion digestive et la portion irrigatoire de ce système de cavités se prononce de plus en plus dans l'équorée violacée de la Méditerranée, chez les bérénices, les médusaires, les aurélies, etc., d'après Milne Edwards (2) : la portion irrigatoire ou périphérique du système gastro-vasculaire affecte la forme de canaux étroits, propres seulement au passage de l'eau plus ou moins chargée de matières nutritives, et constitue un appareil vasculaire qui se développe surtout chez les aurélies et les béroés proprement dits. Dans ces derniers, qui sont d'une si grande transparence, Milne Edwards (3) a eu souvent occasion de constater l'existence de courants rapides, et d'y reconnaître une véritable circulation du fluide nourricier, marquée par le déplacement des globules que ce fluide tient en suspension. Mais l'estomac reste encore ici le réservoir central de l'appareil irrigatoire, et le liquide nourricier commence à circuler dans un double système de canaux communiquant avec cette cavité, c'est-à-dire que la distinction des rôles entre les canaux efférents et afférents au précédent réservoir commence à s'établir. Quant à la cause qui donne l'impulsion au contenu liquide de l'appareil gastro-vasculaire des aurélies et des béroés, les uns la rapportent, avec Ehrenberg (4), à des contractions péristaltiques de la membrane dont les canaux gastro-vasculaires sont tapissés, et les autres, avec Milne Edwards (5), la font dépendre du rôle actif des cils vibratiles.

Chez les *polypes* proprement dits, on voit se produire, dans l'appareil qui nous occupe, les principales formes signalées précédemment ; et, en effet, la digestion

(1) MILNE EDWARDS, *Leçons sur la physiol. et l'anat. comp., etc.*, t. III, p. 55. Paris, 1858.

(2) *Loc. cit.* — Et *Observations sur la structure et les fonctions de quelques zoophytes, etc.* (*Ann. des sc. nat.*, 1841, t. XVI, p. 196).

(3) *Rec. et Mém. cit.*

(4) *Ann. des sc. nat.*, 2e série, t. IV, p. 295.

(5) *Loc. cit.*

tend à se localiser de plus en plus dans une cavité, tandis que les autres compartiments, ramifiés et garnis de nombreux cils vibratiles, sont plus spécialement en rapport avec le fluide nourricier, auquel ils impriment son mouvement. Dans les alcyoniens, par exemple, il paraît même exister un système vasculaire non-seulement dans les parois du corps, mais encore dans celles de l'estomac; les vaisseaux qui constituent ce système ne sont pas de simples canaux creusés dans le parenchyme, ils ont des parois propres, et le liquide qui circule dans leur intérieur renferme un grand nombre de globules blancs.

Quant à la nature du liquide qui se meut à l'intérieur des polypes, si l'on considère le phénomène comme une véritable circulation, le liquide serait analogue au sang, et les corpuscules qu'il renferme seraient assimilables aux globules sanguins. Mais ce qui milite contre cette opinion, suivant Siebold et Stannius (1), c'est la présence d'un vrai système vasculaire sanguin chez l'alcyonium, les actinies, et peut être encore chez beaucoup d'autres espèces. Il y aurait donc plutôt lieu de comparer le liquide en question au chyle, qui de l'estomac passerait dans la cavité du corps. L'opinion d'après laquelle ces courants constitueraient une circulation sanguine se concilie difficilement avec cette circonstance, que les anthozoaires peuvent à volonté évacuer à travers leur estomac le contenu de ce prétendu système vasculaire sanguin, et le délayer, par la même voie, avec l'eau qu'ils avalent. Il faudrait ainsi revenir à l'hypothèse que la cavité du corps, et les canaux avec lesquels elle communique, constituent un véritable *système vasculaire aqueux*, qui aurait pour but d'établir une respiration dans laquelle toutes les parties internes, chez les anthozoaires, seraient baignées par de l'eau sans cesse renouvelée. Le renouvellement de l'eau étant effectué ici par l'introduction et l'expulsion alternative de ce liquide à travers l'estomac, cela n'empêche pas que des matériaux assimilables ne soient aussi entraînés dans le système vasculaire aqueux.

Un appareil circulatoire, digne d'être mentionné particulièrement, existe chez tous les zoophytes supérieurs qu'on désigne sous le nom d'*échinodermes*, tels que les holoturies, les astéries et les oursins. La cavité viscérale ou générale de leur corps avec ses dépendances (qui est devenue distincte de la cavité digestive) contient un liquide ne paraissant différer en rien du sang blanc ou incolore d'autres invertébrés plus élevés en organisation; sans doute il remplit aussi des usages analogues. Les recherches de Quatrefages (2) sur la constitution du liquide cavitaire tendent en effet à démontrer que c'est un suc nourricier en tout comparable au sang que, plus tard, nous verrons remplir aussi la cavité générale du corps chez les animaux articulés et les mollusques. La cavité qui, chez les échinodermes, loge le précédent fluide, ainsi que les organes de la génération et l'appareil digestif, est tapissée à son intérieur par une membrane mince, rappelant les tuniques séreuses, et munie de cils vibratiles qui contribuent à déterminer les courants du liquide cavitaire. Il existe encore quelques doutes sur la question de savoir si, dans les échinodermes, le système vasculaire sous-cutané, dit aquifère, est indépendant du système vasculaire viscéral. Toutefois on ne peut s'empêcher de reconnaître que dans la cavité viscérale, dans les vaisseaux propres du tube digestif et de ses annexes, et aussi dans les canaux sous cutanés, les liquides qui s'y trouvent n'offrent point de différences essentielles, qu'ils semblent propres à l'entre-

(1) *Anat. comp.*, trad. franç. Paris, 1850, t. I, p. 43.
(2) *Mém. sur la cavité du corps des invertébrés* (*Ann. des sc. nat.*, 1850, t. XIV, p. 302).

tien de la nutrition, et que, partant, ils méritent également d'être désignés sous le nom de *sang*.

Quoi qu'il en soit, une impulsion est communiquée à ces liquides par un ou plusieurs organes centraux contractiles, rudiments de cœur; cela s'observe du moins dans quelques espèces de crinoïdées, d'astéroïdes et d'échinoïdes. Le système vasculaire des holothuries, quoique très apparent, n'offre aucune disposition qui rappelle le cœur le plus rudimentaire.

Dans l'embranchement des MOLLUSQUES, la cavité générale du corps ou viscérale (*) est parfaitement distincte du tube digestif. Elle est remplie d'un fluide nourricier en mouvement qui baigne à la fois l'appareil digestif, les muscles et les autres organes, avec tous leurs interstices ou lacunes. Ici ce ne sont plus les canaux vasculaires qui restent chargés du double rôle de contenir ce fluide et de lui imprimer un mouvement oscillatoire ou circulaire. Un organe moteur particulier, un *vrai cœur* contractile et musculaire, apparaît : d'abord simplement tubuleux et recourbé en forme d'anse dans les espèces les plus inférieures (molluscoïdes), bientôt il se ramasse et se concentre davantage pour devenir globuleux.

A propos de cette première apparition d'un véritable cœur, notons que, chez les invertébrés qui en sont pourvus, cet organe reçoit toujours du sang artériel qu'il pousse dans les vaisseaux chargés de le porter à toutes les parties du corps. Au contraire, nous verrons que, chez les vertébrés, le cœur a pour fonction constante d'envoyer directement le sang à l'appareil respiratoire, et qu'il n'est en rapport direct avec le système artériel général qu'à mesure qu'il se perfectionne. En d'autres termes, la partie essentielle du cœur, dans un animal vertébré, celle qui ne manque jamais, est le ventricule veineux, par exemple : c'est le seul qui existe chez les poissons. Le ventricule gauche n'apparaît que dans des organismes plus élevés où le sang, à sa sortie de l'appareil respiratoire, avait besoin de recevoir une impulsion nouvelle pour parvenir aux divers organes.

Chez les mollusques (qui tout d'un coup viennent de nous offrir un perfectionnement notable dans l'appareil circulatoire), le cœur, composé ordinairement de deux oreillettes et d'un ventricule, est *aortique*, au lieu d'être *pulmonaire* comme chez les poissons. Placé sur le parcours du sang artériel, cet organe reçoit dans ses oreillettes le sang venu de l'appareil respiratoire ; puis ce fluide est versé dans le ventricule unique qui le pousse dans une ou deux aortes se ramifiant dans toutes les parties de l'organisme. Les veines qui reviennent de ces parties recomposent un tronc qui se ramifie à la manière d'artères dans l'organe respiratoire (branchies ou poumons) : c'est à cette portion de l'appareil circulatoire, désignée sous le nom d'artères pulmonaires ou de veines portes branchiales, que font suite des veines qui, analogues aux veines pulmonaires des mammifères, ramènent le sang aux oreillettes, et complètent ainsi le cercle dans lequel le sang se meut. A la base des organes de la respiration et sur le trajet des veines portes branchiales ou pulmonaires, il existe, chez les céphalopodes, des espèces de cœurs (cœurs branchiaux) tout à fait distincts du ventricule aortique ; alors les oreillettes manquent. Comme les mammifères et les oiseaux, les céphalopodes possèdent donc un cœur avant et après l'organe respiratoire : toutefois, chez les céphalopodes, ces cœurs sont isolés au lieu d'être réunis.

(*) *Abdomen* des animaux supérieurs.

Si le système artériel est, en général, bien développé chez les mollusques, le système veineux est toujours plus ou moins incomplet et quelquefois manque entièrement, de sorte que le sang ne revient des diverses parties du corps vers les organes respiratoires qu'en traversant les lacunes ou espaces existant entre les divers organes. Il est aussi à noter que la cavité abdominale, dans laquelle sont logés tous les viscères, est toujours traversée aussi par le sang veineux.

A propos de cette disposition singulière, qu'on retrouve chez d'autres invertébrés que les mollusques, et sur laquelle Milne Edwards (1) et de Quatrefages (2) ont les premiers répandu la lumière, nous croyons devoir entrer dans quelques détails.

De Quatrefages (3) a désigné sous le nom de *phlébentérisme* une disposition anatomique du tube digestif, bien marquée spécialement chez certains mollusques gastéropodes, disposition caractérisée d'ordinaire par des prolongements plus ou moins ramifiés et d'apparence vasculaire : d'où il résulte, suivant cet observateur, 1° que les sucs alibiles, produits par la digestion, sont transportés directement dans divers points du corps et souvent jusque dans la profondeur des organes respiratoires, sans passer par un système circulatoire proprement dit ; 2° que l'action de l'air sur ces mêmes produits se trouve ainsi facilitée.

Chez les vertébrés, comme le rappelle de Quatrefages, le sang veineux reçoit par les chylifères et les lymphatiques les sucs nourriciers extraits des aliments, et les produits d'une sorte de sécrétion interstitielle qui lui arrive de tous les points du corps. Or, chez les invertébrés, on ne trouve ni chylifères ni vaisseaux lymphatiques : chez la plupart d'entre eux, les produits de la digestion et ce qui représente la lymphe passent immédiatement dans la *cavité générale du corps*, et se mêlent au liquide que renferme cette cavité. De là, chez les invertébrés, une importance physiologique très grande dévolue à cette cavité et à ce liquide. — Chez ceux d'entre eux dont le cercle circulatoire est incomplet (*crustacés, mollusques*), et où par conséquent le sang s'épanche librement dans toute la cavité générale, ce liquide n'est autre chose que le sang lui-même, mêlé à tous les produits de la digestion et de la sécrétion interstitielle.

Ces produits, avant de devenir aptes à la nutrition des organes des vertébrés, ont besoin de subir, au moins en partie, l'action vivifiante de l'air. Il en est de même chez les invertébrés. Lorsqu'il existe chez ces derniers un appareil respiratoire spécial, l'accomplissement de ce phénomène est des plus simples, et se passe comme dans les vertébrés : les crustacés, les mollusques ordinaires nous en fournissent un exemple. Mais, lorsque l'appareil respiratoire proprement dit s'altère ou disparaît complétement, la ramification de l'intestin conduit au même résultat, suivant de Quatrefages, ou tout au moins le facilite en rapprochant la surface d'où suintent, pour ainsi dire, les sucs nourriciers, de la surface en contact avec l'eau aérée où s'accomplit l'acte respiratoire. Les lois purement physiques de l'endosmose suffisent pour prouver que le *chyle* doit nécessairement commencer à s'hématoser dans les pattes des nymphons, dans les appendices dorsaux des éolides, etc., au sortir même du cæcum gastro-vasculaire. En effet, dans ces pattes, dans ces appendices, l'*eau aérée*, le *sang* et le *chyle*, c'est-à-dire *trois*

(1) *Observations sur les Ascidies* (*Mém. de l'Acad. des sc. de Paris*, t. XVIII ; et *Comptes rendus* de la même Acad., 1839, t. IX, p. 591).

(2) *Mém. sur l'Eolidina* (*Ann. des sc. nat.*, 2e série, 1843, t. XIX, p. 190).

(3) *Annales des sciences naturelles*, 3e série, t. IV, p. 83.

liquides de composition et de densités différentes, ne sont *séparés* les uns des autres que par de *minces membranes*.

Ainsi la ramification plus ou moins complète du tube digestif concourt à transporter les sucs alibiles sur divers points du corps : là ces sucs subissent sur place l'action de l'air ; par conséquent, ils deviennent *immédiatement* propres à l'entretien des organes. Telles sont, en peu de mots, les conséquences physiologiques que de Quatrefages croit être le résultat de la disposition anatomique des organes alimentaires chez les animaux *phlébentérés*.

Le phlébentérisme, tel qu'il a été défini plus haut, est un fait général aux yeux de cet observateur : il constitue l'organisation normale des zoophytes, des acalèphes, etc. ; dans la plupart des autres classes des invertébrés, à côté des échinodermes ordinaires, des vers ordinaires, des crustacés ordinaires, etc., on trouve des échinodermes, des crustacés et des vers phlébentérés. Ainsi, en définitive, presque tous les types d'invertébrés auraient leurs *dérivés phlébentérés*. Ce serait une application de plus d'une des tendances les plus générales de la nature, qui semble se plaire à modifier, par les mêmes procédés, des types primitifs souvent très dissemblables, et à donner ainsi naissance aux analogues zoologiques, aux termes correspondants.

On sait que ces travaux et ces opinions ont été l'objet de critiques fort nombreuses et fort vives (*), dans lesquelles on a prétendu notamment que leur auteur regardait l'*absence du cœur* comme propre à tout le groupe des phlébentérés, et que toutes ses idées sur le phlébentérisme reposaient sur cette croyance. Or, comme le fait observer de Quatrefages, il avait déjà, trois ans avant toute controverse, décrit et figuré cette portion de l'appareil vasculaire, ainsi que les artères chez divers phlébentérés (**), avec plus de détails que ne l'ont fait, depuis, la plupart de ses contradicteurs eux-mêmes. C'est à tort, en effet, que ces derniers ont affirmé que, par le mot *phlébentérisme*, ce savant naturaliste avait voulu désigner soit l'absence *totale* de l'appareil circulatoire, soit la substitution anatomique de l'appareil digestif à l'appareil circulatoire, soit la communication de ces deux appareils entre eux, etc. ; car lui-même n'a cessé de protester contre ces interprétations, tout en avouant hautement certaines erreurs qu'il avait d'abord commises.

Toujours est-il qu'on ne saurait lui contester le mérite d'avoir contribué, dans cette question, à faire connaître des résultats généraux qui sont aujourd'hui acceptés par la majorité des naturalistes. Parmi ces résultats, nous nous bornerons à rappeler les suivants :

Et d'abord, comme conséquence de l'état plus ou moins imparfait de l'appareil

(*) Voir à ce sujet : SOULEYET, *Comptes rendus de l'Acad. des sc. de Paris*, t. XIX, p. 355, 929 ; t. XX, p. 73, 238, 862 ; t. XXII, p. 473 ; t. XXX, p. 848, 924.

SOULEYET a eu surtout le mérite d'avoir très bien décrit le système de *canaux branchio-cardiaques* qui, chez les Éolidiens, ramène le sang des organes respiratoires au cœur.

CH. ROBIN, *Mém. de la Soc. de biol.*, 1851, t. III.

(**) C'est ainsi que, chez l'*Eolidine paradoxale*, en s'occupant de l'appareil circulatoire, il a décrit le cœur, l'aorte et les premières divisions artérielles ; mais il déclare n'avoir point vu de veines, et s'être assuré, par des observations très répétées, que les lacunes jouent ici, comme chez les crustacés, le rôle du système veineux. Le sang, en sortant des artères, s'épanche dans les interstices de tous les organes, et le liquide qui remplit la cavité viscérale tout entière n'est autre chose que le sang lui-même, lequel baigne directement les organes. Il est vrai que, d'autre part, de QUATREFAGES avait cru trop facilement au manque de cœur chez certaines espèces, chez les zéphyrines, les tergipédiens et les actéons. Mais cette erreur, car c'en est une, s'explique par l'état de la cience à l'époque où parurent ses premiers travaux.

circulatoire, chez les gastéropodes phlébentérés, le sang tombé dans les lacunes baigne tous les organes intérieurs. Ce fait, qu'on avait nié et déclaré contraire à tous les principes, a été depuis démontré vrai non-seulement pour les gastéropodes phlébentérés, mais encore pour tous les mollusques. Cette démonstration résulte surtout des travaux de Milne Edwards et Valenciennes (1), et de ceux de Rich. Owen, Nordmann, Siebold, Van Beneden, etc. — L'appareil gastro-vasculaire de l'*éolide* de Cuvier, par exemple, peut être injecté par la bouche jusqu'à l'extrémité des cirrhes (de Quatrefages) ; d'où la conclusion qu'une partie des aliments doit pouvoir pénétrer dans l'intérieur de cet appareil. Du reste, Hancock et Embleton (2) ont constaté directement l'introduction des matières alimentaires dans l'appareil gastro-vasculaire de l'éolide, à l'état vivant, après avoir eu connaissance de toutes les discussions soulevées sur ce sujet. Siebold et Stannius (3), ainsi que plusieurs autres naturalistes, n'hésitent point à adopter l'interprétation anatomique donnée d'abord par Milne Edwards (4), puis par de Quatrefages, à savoir : qu'ici les cæcums qui pénètrent dans les appendices, les troncs d'où ils partent, sont une sorte de *prolongement de l'estomac*, un *appareil gastro-vasculaire*, analogue à celui qu'on trouve chez les planaires, par exemple. — Quant à la question physiologique, elle semble résolue par cela même dans le sens qui précède. — Enfin, pour ce qui est de l'absence totale de *veines proprement dites* et à parois propres, elle ne paraît pas pouvoir être contestée chez les mollusques : Milne Edwards (5) l'a constatée chez l'aplysie, Rich. Owen (6) chez les térébratules, et de Quatrefages (7) chez les tarets. Siebold (8) s'est également convaincu de l'absence de veines à parois propres chez l'agrion, et Moquin-Tandon (9) a observé directement la circulation du fluide nourricier dans la cavité abdominale des planorbes, ainsi que la manière dont les viscères y baignent.

On a dit qu'à cet état anatomique on avait eu tort d'attacher une idée de dégradation : la nature, a-t-on répété, le réalise trop souvent et chez un trop grand nombre d'animaux pour qu'il ne réponde pas à quelque finalité ; il existe non-seulement chez certains mollusques, mais aussi, et à un haut degré de développement, dans les raies, dans les lamproies, chez les articulés, et notamment chez les insectes ; bien plus, il se montre dans l'espèce humaine du côté de l'utérus lors de la grossesse (*sinus utérins*), sans constituer là évidemment un état de dégradation pour cette espèce. A cela on peut répondre que l'idée de faire parmi les mollusques un groupe *dégradé* ne se rattachait pas exclusivement au précédent état anatomique, mais encore à ce qu'on y voyait les artères se simplifier et se réduire parfois à un tronçon d'aorte : cette dégradation du système artériel a été retrouvée, depuis les recherches de Quatrefages, chez les patelles et les haliotides par Milne Edwards (10), et chez les oscabrions par E. Blanchard.

(1) *Nouvelles observations sur la constitution de l'appareil circulatoire chez les Mollusques* (*Annales des sc. nat.*, 3e série, t. III, p. 307).
(2) *The Ann. and. Mag. of Nat. Histor.*, t. XV, p. 1 et 77, avec cinq planches.
(3) *Anat. comp.*, trad. franc. de Th. Lacordaire et Spring. Paris, 1850, t. I, p. 319.
(4) *Annales des sc. nat.*, 2e série, t. XVIII, p. 350.
(5) *Voyage en Sicile*, t. I, p. 23.
(6) *On the Anat of Terebratula* (DAVIDSON'S *Bristish fossil Brachiopoda*, p. 15).
(7) *Ann. des sc. nat.*, 3e série, 1849, t. XI.
(8) *Anat. comp.*, trad. franç., t. I, p. 325 et 326.
(9) *Observ. sur le sang des Planorbes* (*Ann. des sc. nat.*, 1851, t. XV, p. 149).
(10) *Mém. sur la dégradation des organes de la circulation chez les Patelles et les Haliotides* (*Ann. des sc. nat.*, 3e série, t. VIII, p. 37).

Dans la classe des CRUSTACÉS, l'appareil de la circulation présente les dispositions principales de celui des mollusques, et le sang suit la même marche. La circulation est semi-vasculaire et semi-lacunaire.

Le cœur des crustacés, composé seulement d'un ventricule, est tantôt tubuleux et tantôt globuleux ou vésiculiforme. En général, le système artériel est complet (*) et se trouve formé par des vaisseaux à parois propres; le passage du sang de l'appareil respiratoire jusque dans le cœur uniloculaire se fait à l'aide de tubes membraneux. Mais les veines sont partout remplacées par des espaces lacunaires interorganiques dont les parois sont formées essentiellement par les muscles, les viscères ou les téguments circonvoisins, et tapissées seulement par une couche mince de tissu connectif ou cellulaire. Ainsi, par exemple, dans le voisinage des branchies, les veines n'affectent pas la forme de vaisseaux, et constituent des espèces de réservoirs ou sinus veineux; tandis que le fluide nourricier, comme nous l'avons dit, est de nouveau contenu dans des tubes quand il se rend des branchies vers le cœur.

Il n'est pas toujours possible d'établir une distinction entre le sang artériel et le sang veineux, chez les crustacés; mais aussi souvent que cette distinction peut être faite, on constate que le cœur est constamment placé sur le trajet du sang artériel (**).

L'appareil de la circulation, chez les INSECTES, est lacunaire : le fluide nourricier, au lieu d'être contenu dans un système de vaisseaux particuliers, est répandu dans les interstices des différents organes; il y a, en effet, absence d'artères et de veines. Supposant que la respiration trachéenne implique la non-existence d'une circulation du sang, quelques observateurs ont admis que, comme cela a lieu dans certains zoophytes, le fluide nourricier, chez les insectes, se répandait par une sorte d'infiltration successive dans la trame organique. La vérité est que le sang se meut avec une certaine rapidité dans le corps des insectes et que l'agent principal de ce mouvement est un *vaisseau dorsal* contractile, placé au-dessus du tube digestif et sur la ligne médiane. Mais il n'y a pas là une circulation régulière dans laquelle le fluide nourricier, après avoir parcouru un cercle, revienne toujours à son point de départ. Le vaisseau dorsal, duquel ne semble partir aucune branche, est divisé en autant de loges qu'il y a d'étranglements; il est animé de mouvements alternatifs de systole et de diastole analogues à ceux d'un véritable cœur. Ces mouvements permettent au sang de s'échapper par l'extrémité céphalique de ce vaisseau et aussi d'y pénétrer de nouveau par des orifices munis de valvules destinées à prévenir tout reflux. Le sang se meut d'arrière en avant dans le vaisseau dorsal ainsi que dans l'espèce d'aorte céphalique qui lui fait suite (***); puis, au sortir de cette dernière, il parcourt le corps dans toutes les directions en formant des courants constants extra-vasculaires, pénètre ainsi dans les antennes, les membres, les ailes et les autres appendices. Toutefois le vaisseau dorsal ne paraît

(*) Toutefois, chez les *Amphipodes* particulièrement, le système artériel est très rudimentaire, et, dans la presque totalité de son trajet, le sang circule dans des lacunes ou espaces interorganiques dépourvus de parois propres.

(**) Pour plus de détails sur la circulation des *crustacés*, consultez AUDOUIN et MILNE EDWARDS, *Annales des sc. nat.*, 1827, t. XI, p. 303.

(***) L'*aorte céphalique* des insectes n'est qu'un prolongement de la loge antérieure du vaisseau dorsal; c'est un tube simple et grêle qui occupe aussi la face dorsale du thorax et se prolonge jusqu'au ganglion céphalique, où il se termine par une ouverture béante.

pas être le seul agent de tout ce mouvement circulatoire : on a trouvé, dans les pattes d'un certain nombre d'insectes, des valvules mobiles qu'on prétend influer aussi sur la circulation. — Grâce à une respiration active, qui transmet l'air dans toutes les parties du corps à l'aide de *trachées*, l'apparente imperfection de la circulation des insectes est compensée, et le sang peut promptement se révivifier au contact de l'oxygène.

En général, chez les ANNÉLIDES, il n'y a point de cœur proprement dit ; mais le système vasculaire se compose de vaisseaux parfaitement clos, dont les contractions propres remplacent le cœur dans ses principaux effets sur la circulation. Cependant la direction du courant sanguin est loin d'être aussi constante que chez la plupart des animaux pourvus d'un centre cardiaque d'impulsion ; parfois le sang parcourt alternativement les mêmes vaisseaux en sens inverse. A côté du système vasculaire où circule le sang proprement dit, figure le système cavitaire général avec ses ramifications, systèmes qui, devenus parfaitement distincts dans cette classe d'animaux, conspirent au même but, sans avoir de communications directes. Ce ne sont point, en effet, seulement les vaisseaux sanguins qui effectuent le transport des fluides nourriciers dans l'intérieur de l'organisme ; le système cavitaire, avec ses parois en partie garnies de cils vibratiles, paraît remplir un office analogue, et surtout il peut mettre aussi son liquide en contact avec l'air par l'entremise des organes respiratoires. De Quatrefages (1), qui a fait d'intéressantes études sur ce liquide cavitaire, est porté à voir en lui et dans la portion périphérique de l'appareil qui le renferme, l'analogue de la lymphe et le rudiment du *système lymphatique* des animaux supérieurs (*). Il importe d'ailleurs de ne point confondre, comme cela a été fait plusieurs fois, les dépendances ramifiées du système cavitaire général avec les vaisseaux sanguins proprement dits : le sang qui y circule est rouge dans le plus grand nombre des annélides, tandis que le liquide cavitaire est ordinairement à peu près incolore.

L'appareil sanguifère des annélides se compose généralement de trois portions principales plus ou moins indépendantes, ou systèmes de vaisseaux : un système cutané latéral ou ventral ; un système dorsal ou sus-intestinal, et un système abdominal ou sous-intestinal (2). Tous ces vaisseaux, du moins les plus gros, sont munis de fibres contractiles qui leur permettent de se resserrer et de se relâcher d'une manière alternative, pour communiquer au fluide sanguin le mouvement nécessaire à sa circulation. Les contractions rhythmiques sont bien apparentes surtout dans le vaisseau dorsal et les deux vaisseaux latéraux des hirudinées.

Parmi les quatre troncs vasculaires longitudinaux qu'on observe chez les *hirudinées*, le sous-intestinal forme une espèce de gaîne vasculaire qui entoure et renferme la chaîne ganglionnaire du système nerveux (3) : cette disposition singulière s'explique en admettant que primitivement le système vasculaire sous-intestinal se compose de deux moitiés tendant à se confondre sur la ligne médiane.

(1) *Annales des sc. nat.*, 1846, t. V, p. 280. — *Ibid.*, 1850, t. XIV, p. 309. — *Ibid.*, 1852, t. XVIII, p. 306.

(*) DE QUATREFAGES considère plus particulièrement comme étant des lymphatiques les conduits vasculariformes qui portent le fluide cavitaire dans les appendices respiratoires des Branchellions (*Ann. des sc. nat.*, 1852, t. XVIII, p. 307).

(2) MILNE EDWARDS, *Leçons sur la physiol. et l'anat. comp.*, t. III, p. 253.

(3) MOQUIN-TANDON, *Monographie des Hirudinées*, p. 134.

Chez les *branchellions*, il existe, sur les côtés du corps, des petites vésicules ou sacs contractiles qui ont été assimilés à des *cœurs* (1).

Dans les *annélides chétopodes*, on observe à divers degrés une tendance à la centralisation des deux moitiés de l'appareil circulatoire, comme l'ont démontré surtout les recherches de Milne Edwards (2). Dans plusieurs de ces animaux, de même que chez les hirudinées inférieures, l'appareil circulatoire s'appauvrit et ne présente plus que deux troncs longitudinaux, l'un dorsal, appartenant au système viscéral, l'autre inférieur et représentant le système sous-cutané.

Dans les POISSONS, le cœur se compose de deux cavités (une oreillette et un ventricule) traversées seulement par du sang veineux, et représentant ainsi la moitié droite du cœur des vertébrés supérieurs. L'analogue de la moitié gauche de cet organe se retrouve dans une artère très manifestement contractile (*artère dorsale* ou *aorte*), qui, après avoir reçu directement des veines branchiales le sang vivifié par la respiration, l'envoie aux divers organes. Quand ce liquide a servi à la nutrition, il revient par les radicules veineuses, aboutit à un vaste sinus (*), confluent de toutes les veines du corps, puis se déverse dans l'oreillette, pour passer de là dans le ventricule unique et retourner aux branchies par l'artère branchiale et ses divisions : excepté chez les cyclostomes, celle-ci offre, à son origine, un bulbe contractile, auxiliaire du ventricule. Il en résulte que, dans cette circulation, un double système de vaisseaux capillaires est parcouru par le sang, qui ne passe qu'*une fois* dans le cœur à l'état de sang veineux, pour venir s'artérialiser *en totalité* dans l'appareil respiratoire. Nous verrons au contraire, chez les animaux supérieurs, le même fluide traverser *deux fois* le double cœur qui existe sur son parcours : une fois le cœur droit, à l'état de sang veineux : une autre fois le cœur gauche, à l'état de sang artériel.

Après cet aperçu de la circulation dans les poissons, signalons quelques-unes des particularités les plus saillantes de leur appareil circulatoire.

Dans les *Lepidosiren*, on voit le bulbe artériel (renflement de l'artère branchiale) fournir des divisions ou des canaux qui se rendent directement à l'artère dorsale ou aorte (3) : de là le mélange nécessaire d'une partie du sang veineux avec le sang artériel pur qui revient des branchies. Cette disposition anatomique rappelle le *canal artériel* du fœtus des mammifères et des oiseaux, canal temporaire qui fait communiquer directement l'artère pulmonaire avec l'aorte. — D'après Peters (4) et Hyrtl (5), le *Lepidosiren paradoxa* offre deux oreillettes séparées par une cloison incomplète ; mais ces deux cavités s'abouchent, par un orifice commun dépourvu de valvules, dans le ventricule unique dont le cloisonnement est encore plus imparfait.

Chez les poissons qui ont atteint leur développement, les divisions de l'artère

(1) DE QUATREFAGES, *Ann. des sc. nat.*, 1852, t. XVIII, p. 303. — L'existence des précédentes vésicules a été signalée d'abord par FR. LEYDIG (*Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie*, 1851, t. III, p. 315).

(2) *Recherches pour servir à l'histoire de la circulation du sang chez les Annélides* (*Ann. des sc. nat.*, 1838, t. X, p. 204).

(*) Sinus de CUVIER, ou sinus précardiaque.

(3) TAYLOR, *Edinburgh Journal of Sciences*, 1831.

Rich. Owen, Bischoff, Retzius et J. Müller ont fait des observations analogues (voir J. MÜLLER, *Vergleich. Anat. des Geffässystemes der Myxinoïden*, Berlin, 1841).

(4) J. MÜLLER'S *Archiv*, 1845, p. 3.

(5) *Ueber Lepidosiren paradoxa*, p. 34, pl. I, fig. 4.

branchiale paraissent varier de quatre à sept de chaque côté. On en compte quatre dans les poissons osseux, cinq chez les plagiostomes, et six ou sept chez les cyclostomes. Chacune de ces divisions donne une double série de fines artérioles qui sont destinées aux appendices lamelliformes de l'appareil respiratoire, et qui constituent à sa surface un réseau capillaire assez riche pour permettre à la respiration de s'effectuer. — Quant aux veines branchiales (qui ont été assimilées aux veines pulmonaires des animaux supérieurs comme recevant le sang après qu'il a traversé l'appareil respiratoire), elles représentent les racines du système artériel général, et affectent une disposition qui rappelle celle des divisions de l'artère branchiale : seulement leur marche a lieu en sens inverse et leur calibre augmente à mesure qu'elles se rapprochent de l'extrémité dorsale de l'appareil de la respiration. Une fois parvenues sous la base du crâne, elles s'anastomosent entre elles et forment les branches d'origine de l'artère dorsale ou aorte, qui est chargée de distribuer le sang artériel aux diverses parties de l'organisme.

Dans les poissons, les veines chargées de ramener le sang des organes au cœur constituent trois systèmes principaux : 1° le système de la veine porte hépatique ; 2° celui de la veine porte rénale ; 3° le système des veines caves qui, ayant reçu les veines jugulaires et les rénales proprement dites, aboutit à l'oreillette par un seul conduit.

Les vaisseaux qui composent le système de la veine porte hépatique sont, chez la plupart des poissons, outre les veines de l'estomac, du canal intestinal, de la rate et des appendices pyloriques, celles de la vessie natatoire, des parois du tronc et des organes génitaux (Rathke et J. Müller). Dans beaucoup d'espèces, ces différentes veines se réunissent avant d'arriver au foie, en un tronc commun. Contractile, surtout chez les *Branchiostoma* et les *Myxine*, ce tronc constitue parfois un véritable cœur de la veine porte, comme l'ont démontré Retzius et J. Müller. Il arrive aussi que les précédentes veines se rendent au foie isolément ou en formant plusieurs troncs, ainsi qu'on l'observe chez les poissons osseux.

Quant aux veines de la partie postérieure du corps, quelques observateurs les ayant vues, après Jacobson (1), traverser la substance des reins avant d'arriver aux veines caves postérieures, ont admis qu'elles se répandaient d'abord dans la substance de ces organes à la manière du sang artériel ou bien de la veine porte dans le foie. D'après Siebold et Stannius (2), une pareille disposition serait loin d'être démontrée ; et, jusqu'à nouvel ordre, disent-ils, les objections que Cuvier et Meckel ont faites à l'opinion de Jacobson devraient être maintenues. Mais les recherches plus récentes de Rich. Owen (3), de Hyrtl (4), et de Bonsdorff (5) paraissent définitivement donner gain de cause aux observations du célèbre anatomiste danois, touchant l'existence d'un appareil porte rénal chez les poissons.

Le système des veines caves communique, dans divers poissons, avec de nombreux sinus qui se trouvent à la partie supérieure de la cavité viscérale. C'est surtout chez les lamproies et les raies que cette disposition a été signalée. Ces sortes de réservoirs veineux, qu'on désigne sous le nom de *sinus de Monro*, ont été en

(1) MECKEL'S *Archiv*, 1817, t. III, p. 154. — *De systemate venoso peculiari in permultis animalibus observato*. Hafniæ, 1821. — NICOLAI, dans le journal *Isis*, 1826, p. 404.
(2) *Anat. comp.*, t. II, p. 117, trad. franç. Paris, 1850, édit. in-12.
(3) *Lect. on the Comp. Anat. and Physiol. on the Vertebr. Anim.*, t. I, p. 284.
(4) *Denkschriften der kaiserl. Akad. der Wissenschaften zu Wien*, 1851, t. II, p. 27.
(5) *Acta Soc. scient. Fennicæ*, 1852, t. III, p. 571.

effet trouvés par cet anatomiste, dans la famille des raies (1), où Nat. Guillot (2), après les avoir étudiés de nouveau, les considère comme formés surtout par un tissu caverneux ou lacunaire. Ch. Robin (3) a retrouvé aussi les sinus de Monro chez les squales, où, dit-il, « les veines caves sont renflées et présentent un sinus baignant la base des ovaires ou des testicules, et d'une partie de l'oviducte, comme chez les raies. »

Je terminerai cet aperçu rapide sur l'appareil circulatoire des poissons, en rappelant, avec Milne Edwards (4), que le système veineux du plus grand nombre de ces animaux est constitué de façon à former avec les artères un ensemble de tubes clos de toutes parts ; et que, pour se compléter, l'appareil de la circulation n'emprunte point la grande cavité viscérale qui, chez la plupart des invertébrés, remplit les fonctions d'un réservoir sanguin. « Toutefois, dit Milne Edwards, chez quelques poissons cartilagineux, on aperçoit des indices d'une dégradation organique qui paraît constituer un degré intermédiaire entre ces deux formes d'appareil irrigatoire. En effet, chez les lamproies, par exemple, une portion considérable du système veineux semble être formée par une série de lacunes plutôt que par des vaisseaux proprement dits, et plusieurs des canaux parcourus par le sang veineux n'ont guère pour parois que les organes circonvoisins tapissés d'un peu de tissu conjonctif plus ou moins condensé en forme de membrane. »

Ajoutons que le système vasculaire de l'*Amphyoxus* présente, par suite de la contractilité de ses principaux troncs, une ressemblance frappante avec celui des annélides. Avec son appareil circulatoire dépourvu d'un organe central d'impulsion (cœur), ce poisson est généralement cité comme le représentant le plus dégradé du type dont dérivent tous les animaux vertébrés. Il y a, chez lui, pour remplacer le cœur et mettre le sang en mouvement, un grand nombre de bulbes vasculaires pulsatiles qui ont la plus grande analogie avec ceux qu'on observe chez divers annélides : leurs contractions sont d'ailleurs fort énergiques et se renouvellent successivement à environ une minute d'intervalle. C'est encore là évidemment un exemple de dégradation organique qui forme un degré intermédiaire entre les vertébrés inférieurs et les invertébrés les plus élevés en organisation (*).

Chez les REPTILES, l'appareil circulatoire présente de nombreuses variations de forme dont quelques-unes sont liées aux changements des organes de la respiration dans plusieurs espèces. Mais, au point de vue physiologique, il offre ceci de particulier, qu'il est toujours le siége d'un mélange plus ou moins complet de sang veineux et de sang artériel, mélange qui s'opère soit dans le cœur lui-même, soit dans les points voisins de cet organe. Il résulte de là qu'un sang imparfaitement révivifié se distribue aux différentes parties de ces animaux, et que les poumons reçoivent un sang déjà à demi hématosé.

(1) ALEX. MONRO fils, *The Struct. and Physiol. of Fishes*, etc. Edinburgh, 1785, in-fol.

(2) *Sur un réservoir particulier de la circulation des Raies* (*Comptes rendus de l'Acad. des sc. de Paris*, 1845, t. XXI, p. 1179).

(3) *Comptes rendus des séances de l'Acad. des sc. de Paris*, 8 déc. 1845, t. XX, p. 1282. — *Ibid.*, 1846, t. XXII, p. 821. — *Journal l'Institut*, 1845, t. XIII, p. 452, et t. XIV, p. 121, année 1846.

(4) *Leçons sur la physiol. et l'anat. comp.*, t. III, p. 368. Paris, 1858.

(*) J. MÜLLER, *Ueber den Bau und die Lebenserscheinungen des Branchiostoma lumbricum seu Amphyoxus lanceolatus*. Berlin, 1844, in-4. — DE QUATREFAGES, *Voyage en Sicile*, t. II, p. 12.

Dans la plupart des reptiles, le cœur est pourvu de trois cavités, deux oreillettes et un seul ventricule. L'oreillette droite reçoit exclusivement le sang noir ramené de tout le corps par les gros troncs veineux (veines caves) ; l'oreillette gauche renferme exclusivement le sang rouge rapporté du poumon par les veines pulmonaires. Une fois remplies, ces deux oreillettes se contractent simultanément afin de pousser leur contenu dans le ventricule unique : là se fait généralement le mélange des deux sangs, qui, dans quelques espèces pourvues de quatre cavités cardiaques, a lieu seulement dans l'aorte descendante (crocodiles, etc.) A l'aide de la systole consécutive du ventricule, le sang ainsi mélangé est lancé à la fois dans l'artère pulmonaire et dans l'aorte (d'abord confondues ou distinctes), qui le distribuent aux poumons et à tous les autres organes ; puis il est ramené de nouveau vers le cœur à l'état de sang artériel pur par les veines pulmonaires, à l'état de sang veineux par les veines caves, et ainsi de suite. Par conséquent, chez les reptiles, le sang n'est exclusivement artériel que dans les veines pulmonaires et l'oreillette gauche ; il n'est exclusivement veineux ou noir que dans l'oreillette droite et les veines qui l'y rapportent. Au contraire, le ventricule cardiaque, l'aorte et ses divisions, l'artère pulmonaire et ses branches, ne livrent passage qu'à un sang mélangé.

A cause de cette hématose incomplète, les reptiles ont pu paraître avoir une sorte d'infériorité par rapport aux poissons, aux mollusques ou aux crustacés, dont l'appareil respiratoire se laisse traverser par une masse de sang équivalente à celle qui parcourt le reste du corps. A la vérité, les reptiles respirent l'air atmosphérique, au lieu de l'air dissous dans l'eau, et la richesse du système capillaire de leurs poumons les place au-dessus des invertébrés.

Le tronc commun des deux artères pulmonaires naît tantôt immédiatement du ventricule unique, et tantôt de l'aorte elle-même. Il y a communément deux artères aortes qui proviennent du ventricule, et qui, après s'être portées en arrière, s'unissent pour former l'aorte verticale ou descendante. Les artères carotides et brachiales, destinées à la tête et aux membres antérieurs, sont des branches de l'aorte droite.

Quant au système veineux général des reptiles, il aboutit à un grand sinus contractile qui s'abouche dans l'oreillette droite du cœur. Tandis que le sang de la tête et des parties antérieures du corps revient ainsi directement au centre impulsif de l'appareil vasculaire, celui des viscères abdominaux et des parties postérieures passe d'abord à travers des systèmes capillaires dépendants du foie, et aussi des reins d'après Jacobson (1).

Ces derniers organes sont, en effet, pourvus de *veines portes*, comme chez les poissons, et participent aussi à la distribution du sang veineux à leur intérieur (*).

Le ventricule du cœur, chez les *Chéloniens*, commence à se diviser imparfaitement en deux loges que, jusqu'aux récentes recherches de Brücke (2), on avait

(1) *Recherches anat. et physiol. sur le système veineux particulier aux Reptiles* (*Bulletin de la Société philomatique de Paris*, avril 1813). — MECKEL'S *Archiv.*, 1817, t. III, p. 147.

(*) L. JACOBSON a aussi admis, d'après ses propres recherches, l'existence de veines portes rénales chez les *Oiseaux*. Contestée par la plupart des anatomistes, elle vient d'être affirmée de nouveau par P. GRATIOLET (*Journal l'Institut*, 1853, p. 386), et par S. JOURDAIN (*Rech. sur la veine porte rénale des Oiseaux, etc.*, thèse inaug. de la Faculté des sciences de Paris, 1860).

(2) Mémoire inséré dans le tome III, p. 335, des *Mém. de l'Acad. de Vienne* pour l'année 1852.

eu coutume de regarder comme moins distinctes qu'elles ne le seraient en réalité d'après cet observateur, du moins dans certaines espèces. En effet, il a reconnu que, au moment de la diastole du ventricule, les deux loges secondaires de cette cavité n'offrent pas la même coloration : celle qui correspond aux veines caves se colore en rouge foncé, et celle qui reçoit le sang des veines pulmonaires se colore en rouge vermeil ; d'où il conclut que la première se remplit de sang veineux et la seconde de sang artériel. Du reste, lors de la contraction ventriculaire, le sang veineux de la loge droite a paru à Brücke être lancé dans les artères pulmonaires aussi bien que dans le système aortique ; et, par conséquent, là encore le mélange des deux sangs s'effectue dans certaines proportions. Le même physiologiste dit aussi avoir constaté, chez des tortues, que, dans la systole du ventricule, les deux loges de cette cavité ne se contractent pas tout à fait simultanément.

La circulation des *Ophidiens* est la même que celle des chéloniens. Leur cœur est aussi composé de deux oreillettes et d'un ventricule : et ce dernier se trouve plus ou moins complétement divisé en deux loges à l'aide d'une cloison charnue. Mais le sang, que reçoivent tous les organes, n'en est pas moins un mélange de sang artériel et de sang veineux ; seulement, d'après l'observation de Brücke (1), tout ou presque tout le sang artériel venu des poumons se trouve utilisé dans la circulation générale, et c'est du sang veineux presque pur qui revient aux poumons.

La disposition de l'appareil circulatoire varie chez les *sauriens*. Toutefois, excepté quelques espèces, comme les crocodiles (chez qui la séparation entre les deux moitiés du cœur est complète et chez qui aussi le mélange des deux sangs ne se fait que dans l'aorte descendante), le cœur est, en général, assez imparfaitement divisé dans sa portion ventriculaire pour permettre toujours le mélange des deux sangs dans son intérieur.

Par leur organisation intérieure, et surtout par la disposition générale de leur système circulatoire, les *Crocodiles* paraissent former le chaînon intermédiaire entre les reptiles et les vertébrés supérieurs. En effet, comme celui des oiseaux et des mammifères, leur cœur se compose de quatre cavités distinctes : deux oreillettes et deux ventricules. Mais, à cause d'une communication établie entre le ventricule droit et l'aorte descendante au moyen d'un vaisseau recourbé derrière le cœur, on ne voit pas, comme chez l'oiseau ou le mammifère adulte, tout le sang veineux être chassé vers les poumons à chaque systole ventriculaire ; au contraire, une portion de ce même sang est aussi lancée dans l'aorte. De plus, le vaisseau qui permet la précédente communication, s'abouchant dans l'aorte au-dessous du lieu d'origine des carotides et des artères destinées aux membres thoraciques, il en résulte que la tête et la partie antérieure du tronc doivent recevoir du sang artériel pur, alors que les parties postérieures du corps ne reçoivent qu'un mélange de sang noir et de sang rouge. Une pareille disposition rappelle ce qui a lieu chez le fœtus des mammifères et des oiseaux, à l'époque où existe le canal temporaire qu'on nomme *canal artériel* : on ne retrouve pas d'ailleurs chez le crocodile adulte, une communication entre les deux oreillettes, analogue à celle qu'établit le trou de Botal, durant la période fœtale des vertébrés supérieurs.

Quant aux *Batraciens*, nous nous proposons de parler ici du mode de circula-

(1) *Loc. cit.*

tion qui leur est propre, seulement lorsqu'ils ont atteint leur état parfait de développement ; nous réservant d'ailleurs de montrer que ces animaux, suivant qu'ils respirent par des branchies ou par des poumons, ou bien à la fois par l'un et par l'autre de ces organes, présentent un appareil circulatoire qui se rapproche, soit de celui des poissons, soit de celui des vertébrés supérieurs.

Comme on l'observe dans la plupart des reptiles, le cœur du batracien adulte se compose de deux oreillettes et d'un seul ventricule. L'une de ces oreillettes admet le sang des veines pulmonaires, l'autre celui des veines caves. Du ventricule unique où se déversent ces deux sangs pour s'y mêler, provient un tronc vasculaire qui d'abord offre un bulbe contractile, et qu'on peut aussi bien considérer comme pulmonaire que comme aortique, puisque c'est des deux arcades qu'il forme, en se divisant, que partent les artères pulmonaires des batraciens adultes. La présence de fibres musculaires dans ce tronc vasculaire, et celle de valvules disposées parfois en séries à son intérieur, démontrent qu'il a distinctement tous les caractères d'un bulbe artériel pourvu de contractilité.

Simple à sa naissance, l'aorte se divise bientôt en deux crosses qui, dirigées l'une à droite et l'autre à gauche, embrassent le tube digestif pour former au-dessus de lui un tronc unique, l'aorte dorsale. Chez les pérennibranches et les urodèles, cette fusion a lieu dans la région cervicale ; elle se fait bien plus en arrière chez les batraciens anoures, où les crosses d'origine de l'aorte dorsale ont une grande longueur. Chez ces derniers, l'aorte ventrale se termine en donnant naissance aux artères des membres postérieurs, pendant qu'elle se continue en fournissant l'artère caudale chez les urodèles et les pérennibranches, comme chez les têtards. En général, les artères des membres antérieurs proviennent des crosses aortiques, rarement de l'aorte dorsale.

Une paire de veines caves antérieures, qui ramènent le sang noir de la tête et des membres thoraciques, s'abouchent dans l'oreillette droite. Quant aux veines qui rapportent le sang des membres pelviens ou des viscères de l'abdomen, elles débouchent dans la veine cave ventrale qui se termine aussi dans cette même oreillette. Mais, comme pour les poissons, Jacobson (1) a reconnu que, chez les batraciens, ce dernier sang, avant d'arriver au cœur, passait à travers le foie et les reins pour donner naissance au système porte hépatique et au système porte rénal. Ce sont donc les veines efférentes de ces deux systèmes qui, en se réunissant, viennent aboutir à la veine cave postérieure.

Enfin les deux veines pulmonaires, de plus en plus rapprochées l'une de l'autre, sont chargées de verser dans l'oreillette gauche le sang artériel qu'elles rapportent des poumons. Toutefois, d'après Hyrtl (2), une partie notable de ce liquide serait aussi versée, chez le *protée*, dans la veine cave postérieure, à l'aide de rameaux émanés de la surface dorsale des poumons.

Si, dans les poissons et les invertébrés les plus élevés en organisation, le parcours du sang ne décrit qu'un seul cercle, de manière que tout ce fluide, lancé par la systole du ventricule unique, traverse successivement le système capillaire respiratoire et le système capillaire général, avant de revenir à son point de départ ; au contraire, chez le batracien adulte, comme d'ailleurs chez les autres reptiles, il existe deux cercles vasculaires que nous allons retrouver aussi dans les vertébrés

(1) *Loc. cit.*
(2) *Medic. Jahrbücher des Oesterreich. Staates*, 1844, t. XLVIII, p. 258.

supérieurs, c'est-à-dire qu'il y a une grande et une petite circulation dans chacune desquelles le sang, parti du cœur, revient à cet organe de manière que le sang du grand cercle et celui du petit cercle se mêlent ensemble dans le ventricule. Nous verrons qu'au contraire, dans les vertébrés supérieurs adultes, les deux cercles restent distincts par suite du cloisonnement complet qui existe aussi bien entre les deux ventricules qu'entre les deux oreillettes.

Nous avons dit que l'appareil de la circulation subit des changements qui sont liés à ceux des organes respiratoires. En effet, lorsque, dans les premiers temps de sa vie, le batracien, à l'état de *têtard*, respire par des branchies, le sang que chasse le ventricule cardiaque va se distribuer à ces organes, d'où il se rend directement dans une artère dorsale destinée à le répartir dans tout le jeune organisme. Il y a donc alors une disposition transitoire qui rappelle la disposition permanente de l'appareil circulatoire des poissons. Mais, à mesure que les poumons se développent, on voit s'établir une communication directe entre les vaisseaux afférents et efférents des branchies (artères et veines branchiales) : il en résulte que le sang n'est plus forcé de passer à travers ces organes pour se rendre dans l'artère dorsale. Le tronc artériel, qui part du ventricule unique du cœur et qui donnait naissance aux artères branchiales, représente dès lors l'origine du vaisseau dorsal et forme avec lui une véritable aorte, dont certaines divisions aboutissant aux poumons se développent comme eux et établissent la petite circulation ou circulation pulmonaire. Une fois ces métamorphoses opérées et les vaisseaux des branchies oblitérés, la circulation devient ce que nous l'avons vue être chez les autres reptiles.

Circulation chez l'homme et les vertébrés supérieurs.

Pour se faire, tout d'abord, une *idée générale* du trajet parcouru par le sang, ou de la circulation harvéienne chez l'homme, les mammifères et les oiseaux, il faut se rappeler que, chez tous, le cœur est double, c'est-à dire composé de deux moitiés, qui, après la naissance, n'ont pas de communication entre elles, et dont chacune renvoie par des artères le sang qui lui est arrivé par des veines. — Le *cœur droit* contient exclusivement le sang noir ramené de tout le corps par les veines caves qui s'ouvrent dans l'oreillette droite (*); passant de là dans le ventricule correspondant, le sang noir est lancé dans l'artère pulmonaire qui le conduit au poumon, où il devient sang rouge. Le *cœur gauche* renferme exclusivement le sang rouge rapporté du poumon par les veines pulmonaires qui s'abouchent dans l'oreillette gauche; passant de là dans le ventricule correspondant, le sang rouge ou artériel est chassé dans l'aorte et ses divisions, qui le distribuent à tous les organes où bientôt il devient sang veineux, pour retourner au cœur droit. Comme l'a observé Harvey, les deux oreillettes agissent ensemble, les deux ventricules ensemble; et l'action simultanée des premières précède toujours celle des seconds. Pendant que les deux oreillettes, d'abord distendues par le sang, se resserrent afin de le pousser dans les deux ventricules, ceux-ci se laissent dilater pour le recevoir; puis bientôt ils se contractent à leur tour, afin de lancer ce fluide dans l'aorte et l'artère pulmonaire, pendant que les deux oreillettes sont dilatées derechef pour recevoir de nouveau du sang, et ainsi de suite. En d'autres termes, la

(*) La *grande veine coronaire*, dont les divisions rapportent le sang veineux provenant du cœur lui-même, s'ouvre aussi dans l'oreillette droite.

systole (contraction) des deux oreillettes coïncide avec la *diastole* (dilatation) des deux ventricules, et réciproquement la systole des deux ventricules coïncide avec la diastole des deux oreillettes.

Dans les différentes cavités du cœur, un système de valvules ou soupapes est chargé de déterminer la *direction* du courant sanguin.

La figure 11 représente les deux circulations : le poumon, avec son système capillaire, est supposé au point P sur le trajet de la *petite circulation;* tous les autres organes du corps, avec le système capillaire général, sont supposés en C sur le trajet de la *grande circulation.* — La moitié qui est marquée de hachures longitudinales, correspond au sang noir, et l'autre moitié au sang rouge, *o* représente l'oreillette gauche et *v* le ventricule correspondant; *o'*, l'oreille droite et *v'* le ventricule droit; *aa*, l'artère aorte; *vc*, les veines caves; *ap*, l'artère pulmonaire; *vp*, les veines pulmonaires.

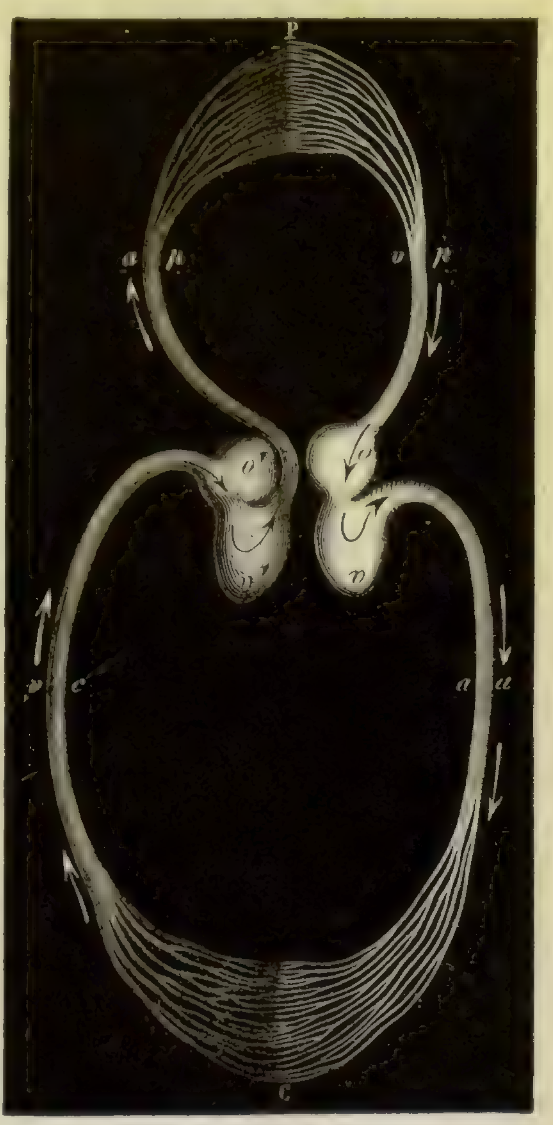


FIG. 11.

Au premier examen de cette figure théorique, on reconnaît que le cœur droit reçoit le sang noir de la grande circulation et l'envoie à la petite, tandis que le cœur gauche reçoit le sang rouge de la petite circulation et l'envoie à la grande; — que, par son oreillette, le cœur droit se rattache à la circulation générale et par son ventricule à la circulation pulmonaire, tandis que le cœur gauche appartient à la circulation pulmonaire par son oreillette et à la circulation générale par son ventricule.

La précédente figure fait bien comprendre aussi que le sang, pris en un point quelconque du système circulatoire, ne peut revenir à son point de départ qu'après avoir parcouru le trajet de cette double circulation, et par conséquent traversé les deux séries d'artères, les deux systèmes capillaires, les deux séries de veines, et enfin les deux cœurs adossés, qui existent sur ce parcours.

Cette description ne s'applique qu'au vertébré supérieur (mammifère ou oiseau) arrivé à un certain degré de développement : en effet, dans la période fœtale, la circulation du poumon est tout à fait rudimentaire, et ce n'est qu'après que la respiration s'est établie que le poumon se laisse traverser par une masse de sang équivalente à celle qui parcourt tout le reste du corps. Chez le fœtus, la presque totalité du sang lancé par le ventricule droit passe dans l'aorte à l'aide d'un conduit temporaire qu'on nomme *canal artériel*, et qui s'oblitère plus ou moins promptement après la naissance : c'est aussi ce qui a lieu pour

un orifice (*trou de Botal*) qui, dans le fœtus, faisait communiquer les deux oreillettes.

Lorsque les deux circulations sont bien nettement établies, elles offrent des ressemblances telles, que l'étude de l'une suffit pour faire connaître le mécanisme de l'autre : aussi, laissant pour l'instant la *circulation pulmonaire*, nous occuperons-nous surtout du parcours du sang artérialisé et arrivé dans le cœur gauche, jusqu'au moment où, après avoir été transformé dans les organes, il est versé par les veines caves dans le cœur droit, c'est-à-dire de la *grande circulation*. Comme le sang est obligé de traverser le poumon aussi vite que tout le corps (sans quoi l'équilibre circulatoire serait rompu, et il y aurait engouement des vaisseaux pulmonaires), nous pouvons, en effet, supprimer ici, par la pensée, tout le circuit pulmonaire, et supposer que le sang passe directement du ventricule droit dans l'oreillette gauche. C'est ce qu'a fait E. H. Weber, qui, dans le but de donner une idée sommaire du *mécanisme* de la circulation, a eu recours à un ingénieux moyen de démonstration.

Pour imiter le circuit harvéien, Weber prend une anse d'intestin grêle, suffisamment longue, dont il réunit les deux extrémités de manière à former un conduit clos et circulaire. Une portion de ce conduit élastique est limitée par deux valvules B, *g*, s'ouvrant suivant la direction qu'on veut assigner au courant du liquide ; direction qui, dans la figure, est indiquée par une flèche. Ces valvules sont disposées de façon à empêcher tout courant rétrograde. On a donc, au point C, une partie du tube armée de valvules qui, par leur direction et leur usage, rappellent celles du cœur. Un entonnoir *e* permet de remplir l'appareil de liquide, et dès lors celui-ci est prêt à fonctionner : si l'on comprime la partie C, le liquide qu'elle contient tendra à s'échapper, et ne pouvant le faire qu'en *g*, à cause de la direction des valvules, il pénétrera dans le tube sous forme d'une ondée plus ou moins rapide, dont le mouvement se propagera circulairement jusqu'à la valvule B ; alors, si la compression a cessé, le liquide rentrera dans la partie C. Une série de mouvements intermittents, produits par des alternatives de compression et de relâchement du tube en C, fera passer successivement tout le liquide par les divers points du circuit.

Dans ces conditions, le mouvement circulaire du sang est déjà imité, mais d'une manière encore très imparfaite ; car, dans la circulation sanguine, le mouvement de l'ondée lancée par le ventricule gauche ne se fait pas sentir jusqu'à la fin du système veineux, ce mouvement étant entravé par les obstacles que le sang

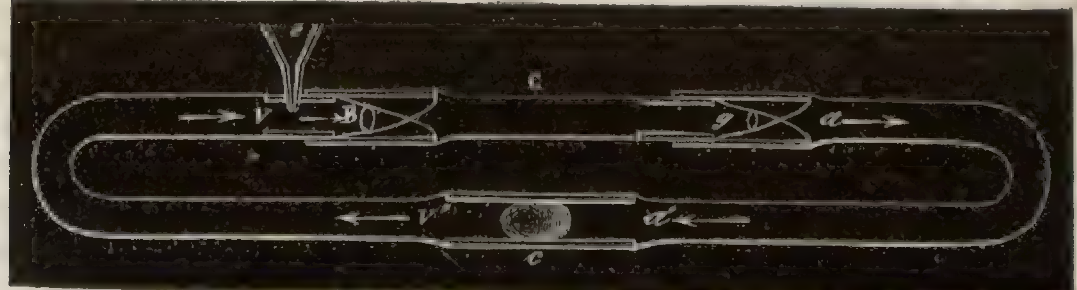


FIG. 12.

rencontre à son passage à travers les voies capillaires. Pour simuler ces dernières conditions dans son appareil, E. H. Weber eut l'idée d'introduire à frottement, dans

l'intérieur du tube et environ à sa partie moyenne, un morceau d'éponge fine *c*, dont la porosité permît le passage du liquide, mais avec une certaine résistance à vaincre. Si maintenant on fait agir l'appareil, l'impulsion qui chassera le liquide de la portion C dans le reste du tube; s'arrêtera contre l'obstacle *c*, la partie située en *aa'* se distendra par suite de l'accumulation du liquide, et, sous l'influence de la tension produite, un *écoulement continu* aura lieu à travers l'éponge, puis au delà dans l'anse *v' v* située entre elle et le point C. Par conséquent, la partie du tube située après l'obstacle recevra d'autant moins de liquide que l'autre partie en retiendra davantage.

A l'aide de cet appareil si simple, il est donc possible de simuler les principaux phénomènes de la circulation ; et chacune des parties dont il se compose peut être supposée correspondre à un des principaux rouages du système circulatoire lui-même. — En effet, on y trouve : 1° un *appareil d'impulsion* avec lequel il est facile d'imiter, dans une certaine mesure, les mouvements rhythmiques et le jeu valvulaire du cœur ; 2° une *voie centrifuge* (l'analogue des artères) ouverte au liquide qui a reçu l'impulsion ; 3° un *passage étroit* et difficile à franchir, comparable au système capillaire sanguin dans lequel le sang trouve, comme on le sait, des résistances si importantes à étudier dans leurs variations et leurs effets ; 4° enfin une *voie centripète* (l'analogue des veines) qui ramène le liquide à son point de départ.

En faisant fonctionner le petit appareil de Weber, on arrivera à comprendre plus aisément comment l'activité fonctionnelle du cœur tend à remplir de plus en plus le système artériel aux dépens du système veineux ; comment aussi la perméabilité plus ou moins grande des capillaires peut rendre plus ou moins différentes la tension des artères et celle des veines : évidemment, plus les capillaires seront étroits et difficiles à se laisser traverser par le sang, plus la tension artérielle devra augmenter aux dépens de la tension veineuse, et réciproquement. Indépendamment des causes de ces variations de tension, on se rendra encore compte de l'existence de pulsations correspondantes à chaque afflux et de la transformation du mouvement, d'abord intermittent, en mouvement continu dans les capillaires et dans les veines.

D'après le précédent aperçu, le plan à adopter dans l'étude des principaux phénomènes de la circulation est tout naturellement tracé : il nous faudra examiner ces phénomènes successivement — dans l'organe d'impulsion, le *cœur ;* — dans les canaux centrifuges du système sanguin, les *artères ;* — dans les voies plus étroites, dites *capillaires ;* — enfin dans les canaux centripètes du sang, les *veines*.

Cependant il est quelques questions, relatives à la circulation, qui seront réservées pour être traitées en dehors de ce cadre.

PROPRIÉTÉS ET ACTION DU COEUR. — COURS DU SANG DANS LE COEUR.

On vient de voir sommairement, dans l'homme et les vertébrés supérieurs, le sang être transporté du cœur à toutes les parties du corps et ramené de toutes ces parties au cœur (circulation générale), puis être envoyé encore du cœur au poumon et ramené du poumon au cœur (circulation pulmonaire). A ce rapide coup d'œil jeté sur le parcours du sang, doit succéder l'étude détaillée du *mécanisme* des différentes portions de l'appareil circulatoire.

Avant d'étudier spécialement les mouvements du cœur (systole et diastole), leur rhythme, les bruits qui les accompagnent, le jeu valvulaire et la force de cet organe, je dirai ses propriétés physiologiques, la cause présumée de ses contractions rhythmiques, et ses relations avec le système nerveux, relations dont les effets, niés par les uns et un peu exagérés par les autres, sont aussi réels qu'ils sont difficiles à interpréter.

I. — Le *cœur* est formé d'un tissu musculaire à fibres rouges, striées en travers et comparables, pour l'aspect, si ce n'est pour le volume, à celles des muscles de la vie animale (*). Quoique les contractions du cœur soient soustraites à l'empire de la volonté, elles se rapprochent de celles des muscles volontaires, par la rapidité, par l'énergie et aussi par le relâchement instantané qui leur succède : on sait qu'au contraire les autres muscles de la vie organique se contractent avec lenteur, en général longtemps après qu'on les a excités, et qu'ils se relâchent d'une manière graduelle ; qu'en un mot leurs contractions sont lentes à s'établir et lentes à s'éteindre.

Le caractère le plus remarquable de la contractilité du cœur, caractère qu'on observe dès la vie embryonnaire, résulte de la propriété qu'a cet organe de se mouvoir d'une manière spontanée et rhythmique, en toutes circonstances : par exemple, sur un animal qui vient d'être tué, le cœur, arraché de la poitrine et vide de sang, continue de battre ; et, quand on le divise en morceaux, la plupart de ces morceaux offrent encore des alternatives régulières de contraction et de relâchement pendant un temps plus ou moins long, suivant l'espèce animale. — Après son excision, le cœur des mammifères et des oiseaux *adultes* n'exécute ses mouvements alternatifs de systole et diastole que durant quelques minutes, excepté toutefois chez les mammifères hibernants (hérissons, etc.), où ces mouvements peuvent persister pendant environ deux heures. Cette dernière observation est due à Templer (1). Dans la classe des poissons et dans celle des reptiles, on voit les battements du cœur continuer plus longtemps encore : au dire de Haller (2) qui a obtenu des résultats analogues, Montanus a vu le cœur d'un saumon battre pendant vingt-quatre heures après son excision ; Lorenzini a constaté le même phénomène durant neuf heures sur le cœur d'une torpille, et Leeuwenhoeck pendant six heures sur celui d'une anguille. Dans des recherches toutes récentes sur la durée de l'activité du cœur séparé de l'organisme et placé dans divers gaz, Castell (3) a vu des cœurs de grenouille continuer leurs battements pendant douze heures, dans l'oxygène, etc.

Sous ce rapport, le cœur diffère donc sensiblement des muscles de la vie animale, qui, une fois séparés du corps, n'ont plus de mouvements spontanés, mais se bornent à réagir sous les excitants directs qu'on leur applique.

(*) En général, d'un tiers moins larges ($0^{mm},009$ à $0^{mm},002$) que celles des muscles volontaires, les fibres musculaires du cœur offrent souvent des stries longitudinales plus marquées que les stries transversales, et se décomposent facilement en fibrilles et en petits fragments (*sarcous elements*, Bowman). Une autre particularité qui distingue le tissu musculaire du cœur, c'est l'union intime de ses éléments qui, généralement, ne forment point des faisceaux distincts, mais très serrés les uns contre les autres et s'anastomosant directement entre eux. Ces anastomoses entre les fibres musculaires, qui constituent un caractère général du tissu du cœur, résultent de faisceaux courts qui se portent obliquement ou transversalement entre les faisceaux longitudinaux. On trouve en outre, dans le cœur, de véritables *bifurcations* de fibres (Kölliker).

(1) *Philos. Transact.*, 1673, t. VIII.
(2) *Elem. physiol.*, t. I, p. 471.
(3) MÜLLER'S *Archiv für Anat.*, etc., 1854, p. 248.

Du reste, le cœur jouit aussi, et à un haut degré, de cette dernière propriété qu'on nomme *irritabilité* : en effet, quand les mouvements propres à cet organe viennent de s'éteindre, on les ranime, d'une manière plus ou moins complète, à l'aide de *stimulants variés* qu'on fait agir sur son tissu même. — Divers observateurs (Volta, Mezzini, Valli, Sœmmerring, Behrends, Bichat, etc.) avaient avancé que l'irritabilité du cœur et des autres organes qui sont hors du domaine de la volonté ne pouvait être mise en jeu par un courant galvanique; mais les expériences de Schmuck (1), Fowler (2), Ludwig (3), Webster (4), Creve (5), Nysten (6), etc., expériences que nous avons pu souvent reproduire, démontrent que cette assertion est erronée : le tissu musculaire du cœur est directement excitable par le galvanisme. — Il suffit également de souffler sur le cœur, de le toucher extérieurement avec le doigt, avec la pointe d'un scalpel ou d'une aiguille, de déposer à sa surface externe quelques gouttes d'eau froide, etc., pour réveiller aussitôt des mouvements qu'on ne saurait d'ailleurs rapporter à l'*action réflexe* du système nerveux central, puisque ces mêmes mouvements, nous l'avons dit, se manifestent aussi dans un cœur complétement séparé de l'organisme.

Il importe d'ajouter que généralement ces irritations directes produisent une réaction plus prononcée et plus durable, quand elles portent sur la surface interne de l'organe.

Cette différence existe également dans les effets de l'application de certains agents qui, au lieu de mettre en exercice l'irritabilité du cœur, tendent à la détruire et à en diminuer la durée. Verse-t-on, par exemple, dans les cavités du cœur une solution aqueuse d'opium, leurs mouvements s'arrêtent d'une manière presque subite, puis l'irritabilité elle-même disparaît bientôt; mais cette propriété subsiste plus longtemps si la solution est injectée dans le péricarde.

Après la mort, l'aptitude à se contracter par le galvanisme varie, pour la durée, dans les diverses parties du cœur. D'après Nysten (7), elle disparaît d'abord du ventricule aortique, puis du ventricule pulmonaire, de l'oreillette gauche, et finalement se réfugie dans l'oreillette droite (*ultimum moriens*). C'est aussi dans ce même ordre que Sénac (8) et Haller (9) ont vu s'éteindre les mouvements spontanés des cavités cardiaques sur un grand nombre d'animaux, dans les instants qui ont suivi la mort. Au rapport de Legallois (10), l'oreillette droite de fœtus de lapin serait demeurée irritable six à sept heures après que les autres parties du cœur avaient cessé de l'être, et Nysten (11) mentionne une durée encore plus longue.

Quant à la *sensibilité du cœur*, on sait, depuis l'observation d'Harvey faite sur

(1) *Dissertatio de electricitate corporum organicorum*, in-4. Heidelberg, 1791.
(2) *Experim. on Animal Electricity*, 1794.
(3) *Scriptores nevrol. min. select.*, t. IV, p. 408, exper. 3.
(4) *Thatsachen über Verbindung des Magens mit dem Leben*, 1796, p. 4.
(5) *Metallreiz*, etc., p. 96.
(6) *Expér. sur les organes musculaires, prouvant que le cœur est l'organe qui conserve le plus longtemps l'excitabilité galvanique*. Paris, 1803, in-8.
(7) *Mém. cit.* et *Rech. de physiol. et de chim. pathol.*, p. 321.
(8) *Traité de la structure du cœur*. Paris, 1777, t. II, p. 150, 2e édit.
(9) *Elementa physiologiæ*, t. I, p. 424 et 425.
(10) *Sur le temps durant lequel les jeunes animaux peuvent être, sans danger, privés de la respiration*. Paris, 1834, in-4, p. 26.
(11) *Mém. cit.*

l'homme lui-même (*), observation confirmée par Richerand (1), O'Brian (2), etc., on sait, dis-je, que les attouchements pratiqués sur le cœur d'individus de notre espèce ne donnent lieu à aucune sensation. Dans le cas rapporté par Harvey, le patient, alors âgé de dix-neuf ans, n'était averti de l'application du doigt de l'observateur sur son cœur que s'il y regardait, ou si l'on touchait en même temps les parties avoisinantes. Chez les animaux, notamment les grands mammifères, tous les expérimentateurs ont pu facilement constater les mêmes faits après la trépanation du sternum. — Toutefois, dans quelques cas pathologiques, le cœur peut devenir le siége de douleurs vives, comme cela s'observe pour bien d'autres viscères de la vie organique insensibles aussi dans l'état normal.

II. — L'action du sang sur la surface interne du cœur a été regardée comme la cause qui, dans l'état physiologique, met en exercice la contractilité de cet organe et excite ses mouvements d'ensemble ; en d'autres termes, le *sang* serait le *stimulus normal* et toujours renouvelé des *contractions du cœur*. Cette idée a été mise en lumière surtout par les expériences de Haller (**) qui a reconnu qu'en interceptant le cours du sang dans l'une des moitiés du cœur, on voit bientôt la moitié qui continue à en recevoir se contracter toute seule. Quant à la première, elle n'a pas seulement perdu, au bout d'un certain temps, ses contractions rhythmiques, mais encore son irritabilité. Haller (3) a pu ainsi changer l'*ultimum moriens* de côté : en liant les veines caves et en ouvrant l'artère pulmonaire de manière à rendre vide le cœur droit, il a bientôt arrêté les contractions de ce dernier ; au contraire, les mouvements ont persisté pendant quatre heures dans le cœur gauche, où le sang avait été retenu par la ligature de l'aorte.

Il est une condition indispensable pour que le cœur continue à se mouvoir : c'est l'intégrité de la circulation dans la profondeur même du tissu musculaire qui le constitue. Erichsen (4) a réussi à paralyser le cœur en peu d'instants par la ligature des artères coronaires. S'il favorisait l'issue du sang contenu dans l'épaisseur de l'organe, en ouvrant les veines coronaires, la paralysie arrivait plus tôt encore ; s'il retenait le sang au moyen de ligatures posées sur ces veines, le cœur continuait à battre plus longtemps. Schiff (5) a pu produire dans le cœur des paralysies locales, en liant seulement l'artère qui se rend au ventricule droit ; dans ce cas, le ventricule gauche continuait seul ses battements. Sénac (6), qui cite Chirac comme ayant pratiqué la ligature des artères coronaires, dit qu'il a voulu aussi

(*) Le fils d'un des seigneurs de la cour du roi d'Angleterre Charles Ier, le vicomte de Montgomery, reçut dans son enfance une large blessure pénétrante de poitrine : après la cicatrisation des bords de cette blessure, il resta une ouverture assez considérable pour qu'on fût obligé d'y appliquer une plaque métallique, en manière de cuirasse. Au fond de cette ouverture, le cœur se voyait à nu : c'est dans ces conditions que Harvey put, en étudiant diverses particularités des mouvements du cœur, reconnaître l'*insensibilité* absolue de cet organe aux attouchements.

(1) Cité par P. Bérard, *Cours de physiol.*, t. III, p. 653.
(2) *American Journal of Med. Sc.*, 1838, t. XXIII, p. 194.

(**) Avant Haller, Sénac (*Traité de la structure du cœur*, t. II, chap. IX) avait donné des arguments à l'appui de l'opinion qui considère le sang comme cause immédiate des mouvements du cœur ; mais il admet aussi l'intervention du système nerveux niée par Haller.

(3) *Opera minora*, t. I, p. 155.
(4) *On the Influence of the Coronary Circulation on the Action of the Heart* (*Lond. Med. Gaz.*, 1842, t. II, p. 561).
(5) *Arch. für physiol. Heilkunde*, t. IX.
(6) *Traité de la structure du cœur, etc.* Paris, 1777, t. II, p. 134, 2e édit.

les lier, mais que cette tentative ne lui a pas réussi. Il n'en croit pas moins à l'influence d'une pareille ligature sur les mouvements du cœur; « car, ajoute-t-il, si le sang s'arrête dans les muscles, ils deviennent paralytiques » (1).

Frappés surtout de l'influence excitatrice que le sang exerce par son contact avec la surface interne des cavités du cœur, quelques physiologistes ont voulu voir dans l'afflux et la sortie périodique du sang la *cause des mouvements rhythmiques* de cet organe. Pour Haller, la chose n'était pas douteuse : il trouvait dans l'itinéraire que le sang doit nécessairement suivre, passant de l'oreillette au ventricule, la cause de la succession régulière des mouvements de ces deux cavités.

Ainsi, la marche naturelle du sang (*stimulus*) des veines dans les oreillettes, de celles-ci dans les ventricules, et de ceux-ci hors du cœur, expliquerait la diastole et la systole qui s'enchaînent et se succèdent si régulièrement dans les cavités du cœur. La systole naîtrait de leur état de plénitude, et la diastole de leur état de vacuité. Un organe irritable et un *stimulus* sans cesse renouvelé, c'est tout ce qu'il faudrait, suivant la théorie hallérienne, pour entretenir, sans l'intervention nerveuse, l'alternance des mouvements des oreillettes et des ventricules. Nous reviendrons tout à l'heure sur l'examen de cette théorie.

Pour d'autres observateurs, qui tiennent spécialement compte de l'action plus intime du sang sur le tissu même du cœur, la périodicité rhythmique des mouvements cardiaques dépendrait d'intermittences dans la circulation des vaisseaux propres à cet organe. Ils admettent que les valvules sigmoïdes de l'aorte, en se relevant lors de la systole ventriculaire, obstruent les orifices des artères coronaires, et que le sang n'entre dans ces vaisseaux que pendant l'intervalle des systoles des ventricules et sous l'influence de la tension aortique. Dans cette opinion, la systole ventriculaire s'accompagnerait de l'arrêt du cours du sang dans les vaisseaux du cœur, et, sous l'influence de cet arrêt, le relâchement de l'organe aurait lieu. Brücke (2) notamment a soutenu cette idée et ajouté la remarque que la systole du cœur, comprimant les vaisseaux contenus dans ses parois, rend le cœur exsangue et le force à se relâcher jusqu'à ce que, par l'effet de ce relâchement même, la circulation rétablie lui ait rendu sa contraction. Mais il est prouvé aujourd'hui que les artères coronaires ne sont pas oblitérées par le soulèvement des valvules sigmoïdes de l'aorte : une injection poussée avec continuité par une des veines pulmonaires abouchées dans l'oreillette gauche remplit les artères du cœur (3); de plus, celles-ci battent, comme les autres, pendant la systole des ventricules, et, d'après une ancienne expérience de Haller (4), le jet de sang qui s'échappe de la piqûre faite à une artère coronaire est plus fort pendant la systole ventriculaire que pendant la diastole.

Des deux précédentes hypothèses proposées pour expliquer les mouvements intermittents du cœur (*) à l'aide d'une intermittence dans l'action stimulante du

(1) *Loc. cit.*

(2) *Physiologische Bemerkungen über die* arteriæ coronariæ cordis (*Akad. zu Wien*, 1855, t. XIV, p. 345).

(3) HYRTL, *Sitzungsberichte der Wissensch.*, etc. (*Akad. zu Wien*, 1855, t. XIV, p. 373).

(4) *Deux mémoires sur le mouvement du sang et sur les effets de la saignée*. Lausanne, 1756, in-12, trad. franç., p. 35.

HALLER dit que STARKE rapporte la même expérience dans son excellente dissertation : *De reliquis instrumentis quibus sanguis in circulum*, etc., n° 22.

(*) Quant aux autres hypothèses imaginées dans le même but, SÉNAC (*Traité de la structure du cœur*, etc., t. II, chap. VII, 2e édit., p. 100) et HALLER (*Elem. physiol.*, t. I, p. 498) ont pris la

sang (soit à la surface interne de cet organe, soit dans son épaisseur), la dernière est suffisamment jugée par les faits que nous venons de rapporter contre elle. Quant à la première, fondée sur les effets du contact du sang sur la paroi interne des cavités du cœur, évidemment elle exagère ces effets en prétendant que la direction du cours du sang règle *seule* le rhythme des contractions de ces cavités. S'il en était ainsi, verrait-on un cœur séparé de l'organisme et vide de sang, ou bien même quelques lambeaux de cet organe divisé, conserver des mouvements rhythmiques pendant des heures entières, comme cela a lieu chez certains reptiles, par exemple ?

Sans vouloir nier l'influence du sang comme *stimulus* normal, favorable à l'excitation et au retour régulier des battements cardiaques, influence encore confirmée par les expériences récentes de Schiff (1), il nous paraît légitime d'admettre que le cœur porte en lui-même, en vertu de sa texture musculaire et nerveuse, la faculté d'exécuter des contractions rhythmiques. Dans le cœur, la contraction appelle le relâchement, comme, dans tous les autres muscles du corps, l'action amène l'épuisement ou la fatigue nécessitant le repos, qui lui-même rend l'activité possible. Évidemment, le contact du sang avec la surface interne du cœur n'a d'efficacité pour éveiller en lui des contractions qu'autant que le repos a permis à cet organe de réparer ses forces. Or, cette réparation ne saurait avoir lieu que grâce à la nutrition, qui elle-même réclame le concours du système nerveux.

Prouvons donc maintenant qu'une action nerveuse, d'un certain ordre, est tout aussi indispensable à l'entretien de l'irritabilité du cœur qu'à la production et à la succession de ses mouvements réguliers.

III. — On ne saurait plus soutenir aujourd'hui, avec l'école de Haller, que le cœur se trouve dans une indépendance absolue à l'égard du *système nerveux*. Il est au contraire devenu possible de démontrer, à l'aide de preuves directes et indirectes, que, pas plus que tout autre muscle, le cœur n'est affranchi de l'influence nerveuse ; qu'il doit à cette influence de ressentir si vivement les affections des autres parties du corps ; que les nerfs dont son tissu est pénétré, et qui puisent leur force dans le centre cérébro-spinal et ganglionnaire, sont nécessaires à la nutrition, à la vie de ce tissu et, partant, à sa contractilité ; que si un cœur,

peine d'en faire l'énumération et l'examen. Quoiqu'on rencontre là de grands noms, comme ceux de Descartes, Lower, Borelli, Vieussens et Chirac, Hoffmann et Stahl, Boerhaave, etc., on peut répéter, avec Sénac, qu'il ne s'agit que « d'une longue suite de vaines opinions ».

(1) *Der Modus der Herzbewegung*, etc. (VIERORDT'S, *Archiv für physiol. Heilkunde*, t. IX, p. 36).

SCHIFF est parvenu souvent à ranimer les contractions déjà éteintes du cœur, en introduisant quelques gouttes de sang dans les cavités de cet organe.

Suivant BROWN-SÉQUARD (*Comptes rendus de la Soc. de biologie*, 1849, t. I, p. 159 ; — *Experim. Researches applied to Physiology and Pathology*, 1853, p. 114), ce serait le sang veineux contenu dans les veines coronaires et leurs divisions, qui, à raison de son acide carbonique, agirait comme stimulant pour produire les contractions cardiaques. Les expériences de CASTELL (MULLER'S *Archiv für Physiol.*, etc., 1854, p. 226) ont été citées comme n'étant pas favorables à cette manière de voir ; tandis qu'après leur excision, des cœurs de grenouille continuent de battre pendant plus de *douze heures* dans l'oxygène, ils cessent leurs mouvements environ *dix minutes* après qu'on les a plongés dans l'acide carbonique. Les deux cas sont pourtant semblables au point de vue de la suppression de la circulation artérielle dans le tissu cardiaque, et du défaut d'influence de cette circulation sur la contractilité du cœur.

Ce serait une propriété du sang *chargé d'acide carbonique*, de causer, d'après Brown-Séquard, des alternatives de contraction et de relâchement non-seulement dans le cœur, mais dans presque tous les muscles.

séparé de l'organisme continue de battre pendant quelque temps, c'est qu'il recèle en lui-même des éléments nerveux dont l'action n'est pas épuisée et qui opèrent leur décharge, d'une manière intermittente, sur la fibre musculaire, etc.

Sans examiner ici en détail les conditions indispensables à l'entretien et à la manifestation de l'irritabilité musculaire (ce qui sera fait dans une autre partie de cet ouvrage), nous sommes obligé de rappeler quelques données fondamentales qui, en ce moment, trouvent leur application. Sans doute, il est permis de répéter, avec Haller, que « l'*irritabilité* est une propriété inhérente au tissu musculaire, et notamment au tissu du cœur »; on peut ajouter que, d'après nos propres expériences (*), elle est certainement indépendante du concours des *nerfs moteurs*. Mais s'ensuit-il qu'elle se dérobe à toute action nerveuse en général ? Nos expériences ont démontré, au contraire, que l'*irritabilité* réclame pour son entretien le concours d'un autre ordre de nerfs que les nerfs moteurs, et de plus celui du sang artériel; double condition indispensable, non pour donner ou communiquer au tissu musculaire la propriété dont il s'agit, mais seulement pour y entretenir la nutrition, sans laquelle toute propriété physiologique disparaît d'un organe quelconque. — C'est ainsi que, dans nos vivisections, nous avons vu la section d'un cordon nerveux mixte, *qui entraîne la suppression de toute influence nerveuse*, déterminer la diminution de l'irritabilité des muscles paralysés, à partir du cinquième ou sixième jour, et son extinction après la sixième semaine; à cette époque, l'atrophie musculaire était devenue manifeste. Quant à l'irritabilité dans les muscles qui ne reçoivent plus de *sang artériel*, nous avons constaté que, chez les chiens adultes, cette durée moyenne est de deux heures et un quart dans les muscles de la jambe, après la ligature de l'aorte abdominale. Du reste, il était facile de prévoir combien ici l'abord du sang artériel est essentiel à la fois, et à l'accomplissement des phénomènes physico-chimiques qui se passent dans l'intimité des muscles, et à la manifestation de l'irritabilité : en effet, toute contraction musculaire s'accompagnant d'un dégagement de chaleur (Becquerel et Breschet), et toute production de chaleur, dans l'économie, étant due à une combustion de certains matériaux du sang, la persistance d'une circulation devait donc être indispensable au maintien de la contractilité elle-même.

Concluons d'abord que, dans le cœur comme dans tout autre muscle, l'irritabilité dérive de la texture même de l'organe, mais que cette propriété a besoin, pour s'exercer, de la double influence du sang artériel et des nerfs de nutrition.

Si le système nerveux n'est pas étranger à l'entretien de l'*irritabilité du cœur*, il ne paraît pas l'être non plus à la coordination et à la production de ses *mouvements rhythmiques*. Nous avons déjà dit qu'un cœur *vide de sang*, et arraché de la poitrine d'un animal, continue de battre, et que, par conséquent, il y aurait erreur à croire que la direction du cours du sang à travers les cavités cardiaques règle *seule* le rhythme de leurs contractions. Nous en dirons autant de l'opinion

(*) Longet, *Rech. expérim. sur les conditions nécessaires à l'entretien et à la manifestation de l'irritabilité musculaire, avec applications à la pathologie* (*Examinateur médical*, Paris, 1841.)

Ces recherches, antérieures à celles qui ont été faites depuis avec le *curare*(*a*), avaient déjà prouvé que l'élément musculaire possède son irritabilité en lui-même, indépendamment de tout nerf moteur; en d'autres termes, que l'*irritabilité* dans les muscles et l'*excitabilité* ou motricité dans les nerfs sont deux propriétés entièrement distinctes.

(*a*) Pelouze et Cl. Bernard, *Comptes rendus de l'Acad. des sc. de Paris*, octobre 1850, t. XXXI, p. 533.

qui considère le sang chargé d'acide carbonique comme remplissant un pareil rôle. Dans ces dernières années, Remak (1), puis Lee (2) et Bowman (3), ont signalé la présence de petits ganglions sur l'extrémité périphérique des nerfs du cœur : comme cela résulte de l'examen confirmatif d'autres observateurs, ces ganglions existent, d'une part, dans l'épaisseur de la cloison interauriculaire, et, d'autre part aussi, dans l'épaisseur des ventricules, notamment vers leur base, c'est-à-dire dans le voisinage des valvules auriculo-ventriculaires. Or, opérant sur des *grenouilles*, dont le cœur bat d'une manière régulière encore plusieurs heures après son isolement, quelques expérimentateurs ont eu l'idée de faire des coupes de cet organe en des lieux différents, pour en observer les effets. Volkmann (4), par exemple, a vu que, si, à l'aide d'une section transversale, on sépare la portion auriculaire du cœur de sa portion ventriculaire, l'une et l'autre peuvent présenter encore leurs mouvements rhythmiques, mais que les mouvements de la première ne sont plus en harmonie avec ceux de la seconde. Il est pourtant arrivé aussi que le ventricule est demeuré immobile. Ayant pratiqué, plus inférieurement, une section transversale du cœur, de manière que la base du ventricule restât unie aux oreillettes, Ludwig (5) affirme avoir observé que ce fragment supérieur, qui renferme les ganglions indiqués, continuait à battre régulièrement, tandis qu'en général le fragment inférieur entrait en repos. Cette assertion a été confirmée par les expériences de Heidenhem (6), dont les résultats semblent être encore plus absolus. Quant à Bidder (7), il n'hésite pas à attribuer à l'action des ganglions situés dans l'épaisseur de la cloison interauriculaire, la persistance des mouvements rhythmiques des oreillettes après leur séparation du ventricule; mouvements qui, comme il le rappelle, ont normalement pour caractère essentiel, après avoir commencé dans les oreillettes, de se propager de là au ventricule. Aussi ces sortes de mouvements ne s'aperçoivent-ils plus dans cette dernière cavité une fois qu'elle a été isolée des ganglions interauriculaires qui, comme centres de coordination, primeraient par conséquent les ganglions ventriculaires.

Malgré quelques légères dissidences de ces observateurs, il y a donc accord entre eux, pour rapporter à certains ganglions, situés dans le tissu même du cœur, la succession de ses contractions régulières.

Mais empressons-nous d'ajouter que cela ne veut pas dire que ces éléments nerveux soient indépendants du centre cérébro-spinal, et qu'on doive les regarder comme la source qui, dans l'état physiologique, entretient à elle seule les mouvements du cœur. Si ces ganglions ont une force propre, assurément aussi ils empruntent au centre nerveux un principe d'action qu'ils ont le pouvoir de dépenser d'une manière lente, d'après un type intermittent ; et c'est ainsi qu'ils paraissent entretenir, pendant un temps plus ou moins long, les battements d'un cœur séparé de toutes ses connexions avec le système nerveux central.

Nous voici enfin amené à étudier les *rapports du système nerveux central avec*

(1) MÜLLER'S *Archiv für Anat.*, etc., 1844, p. 463, pl. 12.
(2) *Philos. Transact.*, 1849, p. 43, pl. 1 à 5.
(3) BOWMAN et TODD, *Physiol. Anat.*, t. II, p. 342.
(4) MÜLLER'S *Archiv für Anat. und Physiol.*, 1844, p. 423 et suiv.
(5) MÜLLER'S *Archiv*, etc., 1848, p. 139.
(6) CANSTATT'S *Jahresbericht*, etc., 1855, t. I, p. 130.
(7) MÜLLER'S *Arch.*, etc., 1852, p. 163.

les mouvements du cœur, c'est-à-dire à examiner aux points de vue historique, critique et expérimental, une des questions les plus mystérieuses et les plus controversées de la physiologie.

Les moyens d'innervation propres à entretenir le jeu d'un organe se multiplient en raison de l'importance physiologique de cet organe. Or, les mouvements du cœur étant des plus essentiels à la conservation de la vie, la nature devait employer des artifices de toutes sortes pour en assurer l'intégrité : aussi allons-nous voir, en effet, le cœur recevoir de points multiples des centres cérébro-spinal et ganglionnaire des influences diverses, dont les unes semblent avoir pour but spécial d'exciter ses contractions, et les autres de les suspendre à des intervalles réguliers. Comme le prouvera aussi l'examen qui va suivre, l'erreur d'un grand nombre de physiologistes a donc consisté surtout à vouloir trop localiser et spécifier un principe d'action dont l'origine et le mode d'influence sont certainement multiples.

A. — Jusqu'à Rob. Whytt (1), Gilbert Blane (2) et surtout Prochaska (3), c'est-à-dire jusqu'à la fin du siècle dernier, l'encéphale était considéré comme la *source unique* de la puissance nerveuse : aussi, à l'exemple de Piccolomini (4) qui, un des premiers, vers la fin du XVI^{e} siècle, affirma que le cœur soutire du cerveau, *à l'aide des pneumogastriques*, le principe de ses contractions, vit-on beaucoup d'expérimentateurs attribuer, à tort, à l'arrêt du cœur, la mort soudaine observée par eux dans quelques cas de ligature ou de section des précédents nerfs. On sait, depuis Legallois, qu'une fin aussi rapide était due exclusivement à l'occlusion de la glotte, si facile chez les jeunes animaux. — Willis (5), qui faisait dériver du *cervelet* tous les mouvements involontaires, localisant plus que Piccolomini l'origine de l'action de l'encéphale sur le cœur, pensa que le *cervelet* représente le foyer duquel émane l'influence excitatrice des battements cardiaques, influence qui se transmettrait au cœur par le pneumogastrique. Si la section de ce nerf n'entraînait pas toujours la mort subite, c'était, d'après Willis, parce qu'en pareil cas un reste d'influx nerveux, transmis par le grand sympathique, entretenait les contractions du cœur pendant un certain temps. Mais la vérité est que, sur des mammifères, on peut à la fois enlever le cervelet et reséquer les deux nerfs pneumogastriques, et voir les mouvements cardiaques persister jusqu'à la mort, qui n'arrive généralement que du second au troisième jour, surtout par suite d'un engouement pulmonaire. Évidemment, si l'opinion de Willis était fondée, la mort devrait survenir dans un laps de temps beaucoup plus court.

D'après les faits qui précèdent, on est, il est vrai, autorisé à conclure que l'intervention de l'encéphale (du moins celle du cerveau et du cervelet), n'est pas *prochainement* nécessaire à l'action du cœur. Mais cela ne saurait empêcher de reconnaître ce qu'une observation journalière démontre, c'est-à-dire une influence sympathique, *médiate*, du centre des facultés intellectuelles et affectives sur les battements du cœur : une impression morale peut occasionner des palpitations; une vive frayeur amène la suspension des contractions cardiaques, la syncope, etc.

(1) *Des vapeurs et des maladies nerveuses*. Paris, 1767, trad. franç., t. I, p. 265-295.
(2) *Philos. Transact.*, 1788, et *Select. Dissert.*, p. 262,
(3) *Op. min.*: *Anat. physiol. et pathol. argum.* Viennæ, 1800, pars secunda, cap. IV.
(4) *Anatom. prælectiones*. Romæ, 1586, in-fol., p. 272.
(5) *Cerebri anat.*, etc. Amsterdam, 1683, p. 195.

B. — Nous avons déjà dit que Haller (1) avec son école, proclamant la doctrine de l'*irritabilité* et déclarant le *cœur* éminemment irritable, regardait le sang comme son excitant naturel, et le système nerveux comme tout à fait étranger à ses contractions. Comme preuves de l'indépendance dans laquelle le cœur serait de toute action nerveuse, Haller alléguait : 1° que la stimulation des nerfs cardiaques ne cause aucun changement dans les contractions de cet organe, et ne les rappelle pas quand elles ont cessé ; 2° que l'irritation des moelles allongée et épinière ne produit aucun effet sur le cœur ; 3° que, si l'on interrompt toute communication entre lui et le cerveau, « *source unique de la puissance nerveuse* », les mouvements cardiaques continuent comme auparavant ; ce qui a lieu, par exemple, pour un cœur qu'on vient d'arracher de la poitrine d'un animal vivant.

Mais aucun de ces arguments n'est inattaquable. En effet, il est démontré aujourd'hui que la stimulation électrique de certains filets nerveux du cœur peut changer ses pulsations ou les éveiller de nouveau quand elles viennent de s'éteindre, et que la même stimulation appliquée à d'autres parties du système nerveux (moelle allongée et nerfs pneumogastriques) peut, quand elle est intense, *arrêter* aussitôt les contractions cardiaques. — Les expériences de Wedemeyer (2) et surtout celles de Wilson Philip (3), nous ont appris que l'irritation de la moelle épinière n'est pas non plus sans effet sur le cœur. Celles de Wilson Philip ont fait voir que, sur des animaux décapités, l'humectation de la moelle avec de l'alcool accroît les battements cardiaques, tandis que la dissolution d'opium ou d'infusion de tabac, après les avoir accélérés, les ralentit bientôt ; qu'enfin, dans ces cas, la *portion cervicale de la moelle* est celle qui exerce le plus d'influence. — La persistance temporaire des contractions, dans un cœur séparé de l'axe cérébro-spinal, ne prouve aucunement qu'elles aient lieu sans l'intervention du système nerveux : nous avons dit, plus haut, les nouvelles expériences qui rendent compte de ce phénomène autrement que ne l'entendait Haller. En examinant alors avec détail la *théorie hallérienne*, nous croyons avoir fourni les arguments propres à la faire rejeter, telle du moins qu'elle a été formulée par son illustre auteur, et avoir rendu aux faits sur lesquels elle s'appuie leur véritable interprétation. Nous n'avons donc pas à revenir sur l'examen de cette théorie.

C. — Frappé de l'insuffisance de la théorie hallérienne, et admettant une *action propre* à la fois dans les ganglions lymphatiques et dans la moelle épinière, Prochaska (4) fait émaner spécialement des premiers la force nerveuse qui entretient les contractions du cœur. Cette opinion a été défendue, de nos jours, surtout par Lallemand (de Montpellier) (5) et par Brachet (6).

A l'appui de cette manière de voir, Brachet cite des expériences qu'il a entreprises sur des animaux. « Deux moyens, dit-il, se présentaient pour prouver par

(1) *Dissert. sur l'irritabilité* (*Mém. sur la nature sensible et irritable des parties du corps humain*. Lausanne, 1756, t. I, p. 72).

(2) *Untersuch. über den Kreislauf des Blutes*, etc. Hannover, 1828, p. 325.

(3) *An Experim. Inquiry into the Laws of the vit. Funct.*, etc., chap. II, p. 80, et chap. XI, p. 243.

(4) *Commentatio de funct. system. nerv.*, publié en 1784 dans le troisième fascicule des *Adnotat. academ.* de cet auteur, et réimprimé dans ses *Opera omnia* (Viennæ, 1800).

(5) *Observ. pathol. propres à éclairer plusieurs points de physiol.*, thèse inaugur. Paris, 1818.

(6) *Rech. expérim. sur les fonct. du syst. nerv. gangl.* Paris, 1837, 2e édit., p. 159.

le fait l'action des nerfs ganglionnaires sur le cœur : ou bien, il fallait détruire tous les ganglions qui fournissent les nerfs cardiaques, ou bien il fallait aller près du cœur faire la section de ces nerfs réunis. » Après avoir placé, chez un chien (expér. 28), des ligatures sur les deux artères sous-clavières, cet expérimentateur assure qu'il parvint à isoler, de chaque côté, les ganglions cervicaux inférieurs, et à faire la section de tous les filets nerveux qui en partent : « *sur-le-champ*, le cœur, après quelques contractions irrégulières, cessa tous ses mouvements. » Même résultat sur un second chien.

Mais Brachet, ayant répété la même opération (expér. 29), vit, sur plusieurs autres animaux de la même espèce, les mouvements du cœur, d'abord irréguliers, se régulariser assez pour ranimer la circulation, faire gonfler les carotides, et fournir un jet de sang artériel suffisant pour prouver que la circulation continuait. Cet auteur chercha alors la cause de cette réapparition de la circulation, et il crut l'avoir trouvée dans l'existence du *ganglion cardiaque*. « Après bien des tentatives pour l'isoler (sur un jeune dogue), je portai, dit-il, sur mes doigts des ciseaux dans la plaie, et je fis la section de ce corps plexiforme. La circulation, qui se faisait bien l'instant d'auparavant, fut *arrêtée sur-le-champ ;* le cœur cessa de se contracter, l'animal se roidit convulsivement, et périt. » Même succès sur des lapins.

Pour réduire à leur juste valeur les expériences et l'assertion précédentes, qu'il me suffise de rapporter une expérience facile à reproduire, et que j'ai répétée nombre de fois dans mes cours de vivisections (1). Cette expérience consiste, après avoir excisé le cœur d'un animal vivant (chien), et en avoir retranché les gros vaisseaux, à racler à sa base la portion ventriculaire de l'organe de façon à détruire complétement le plexus ganglionnaire situé dans ce point : en pareil cas, j'ai toujours vu les battements du cœur persister pendant un temps variable suivant l'âge de l'animal.

Toutefois il ne faudrait pas aller nier la participation que le système nerveux ganglionnaire peut avoir dans l'entretien et la succession des mouvements du cœur. Afin de prouver cette participation, nous pouvons rappeler les expériences concordantes de Volkmann, Ludwig, Bidder et Heidenheim, expériences que nous avons citées précédemment (page 772), et desquelles il résulte que certains ganglions situés dans le tissu même du cœur entretiennent les mouvements rhythmiques qu'on observe encore, pendant un temps plus ou moins long, dans cet organe séparé de toutes ses connexions avec le système cérébro-spinal. Puis, à ces arguments fournis par l'expérimentation, on peut ajouter ceux que donne l'observation des fœtus amyélencéphales, chez qui l'action propre des ganglions sympathiques paraît, en effet, suffire à l'entretien des battements du cœur pendant la vie intra-utérine, en l'absence ou après la destruction pathologique de l'encéphale et de la moelle épinière (*). D'après la remarque de Breschet et de Lallemand, les ganglions du grand sympathique offrent, chez ces monstres, un volume plus considérable que chez les fœtus normaux ; condition évidemment propre à augmenter l'énergie fonctionnelle de ces ganglions d'ailleurs riches en substance grise et en vaisseaux.

(1) LONGET, *Anat. et physiol. du syst. nerv.* Paris, 1842, t. II, p. 605.

(*) Consultez, pour ces cas d'anatomie anormale : MORGAGNI, *De sedibus et causis morborum*, epist. XLVIII, n° 50. — VAN HORNE, *Miscellanea nat. curios.* ,dec., ann. 3, obs. 129. — RUYSCH, cité par KERKRING, *Spicilegium anat.*, obs. 23. — LITTRE, *Hist. de l'Acad. des sc. de Paris*, année 1701, p. 24. — SUE, *ibid.*, 1746, obs. 6, n° 1. — FAUVEL, *ibid.*, 1711, obs. anat., p. 26. MÉRY, *ibid.*, ann. 1712, p. 40, obs. anat. 6. — LALLEMAND, *Thèse cit.*

— Mais il n'en est pas moins généralement reconnu qu'ici on ne peut rigoureusement conclure du fœtus à l'adulte, et que, par conséquent, de semblables observations ne sauraient démontrer que, chez l'animal adulte, comme le voulait Prochaska, le système nerveux ganglionnaire *seul* fournisse au cœur le principe nerveux qui l'anime.

D. — Nous abordons une autre opinion qui, à l'époque où elle fut émise (en 1811), jouit d'abord d'une grande vogue, puis fut combattue par divers expérimentateurs qui, à leur tour, exagérèrent la signification de leurs expériences, comme l'auteur de l'opinion dont il s'agit avait exagéré la portée des siennes.

Legallois chercha à démontrer expérimentalement que le principe d'activité du cœur dérive de la moelle épinière, et sa conclusion fut qu'en effet le cœur tire le principe de ses battements *de tous les points* de la moelle, par l'entremise du grand sympathique qui provient de cet axe nerveux (1).

Chez un lapin *âgé de vingt jours* (2), ayant introduit un stylet dans le canal vertébral, entre la dernière vertèbre du dos et la première lombaire, Legallois détruisit la *moelle lombaire*. Au bout d'une minute et demie, la respiration s'arrêta et fut bientôt remplacée par des bâillements assez rares qu'accompagnaient de faibles mouvements du thorax, et qui cessèrent tout à fait *à trois minutes et demie*, époque à laquelle il n'y avait plus aucun signe de vie. Cette expérience, répétée sur deux autres lapins du même âge, eut la même issue. Legallois essaya, dans un cas, de prolonger l'existence en insufflant de l'air dans les poumons avant que la sensibilité et les bâillements fussent éteints; mais ces phénomènes disparurent tout aussi promptement que s'il n'avait rien fait. La mort était irrévocable. — Le même auteur détruisit la *moelle dorsale* sur des lapins âgés de vingt jours, en introduisant entre la première vertèbre lombaire et la dernière dorsale un stylet qu'il enfonça jusqu'à la dernière vertèbre du cou. La vie cessa au bout de *deux minutes*. Cette expérience, répétée plusieurs fois, donna toujours le même résultat. L'insufflation pulmonaire fut encore pratiquée sans aucun succès. — Pour détruire la *moelle cervicale* chez des lapins du même âge que les précédents, le stylet fut introduit entre l'occipital et la première vertèbre. Sachant que la destruction de cette portion de la moelle diffère de celle des deux autres en ce qu'elle anéantit subitement tous les mouvements inspiratoires du thorax, Legallois pratiqua, surtout dans ces cas, l'insufflation pulmonaire avec le plus grand soin, afin de suppléer la respiration normale : mais tous les signes de vie ne s'évanouirent pas moins après *une minute et demie*.

Suivant l'auteur de ces expériences, la cause de la mort doit être rapportée, dans tous ces cas, au *défaut d'action du cœur*.

Mais on sait que l'action du cœur est d'autant moins prochainement nécessaire à l'animal qu'il est plus jeune. Or, si la destruction d'une des trois portions de la moelle suffit pour tuer, en si peu d'instants, des lapins âgés de vingt jours (la destruction de la région cervicale étant encore plus rapidement mortelle que celle de la région dorsale ou lombaire), il restait à savoir s'il en serait de même chez des animaux plus jeunes : d'après Legallois (3), la destruction de la moelle lombaire

(1) *Œuvres complètes*, avec des notes de Pariset. Paris, 1830, t. I, p. 144.
(2) *Ibid.*, t. I, p. 72 et suiv.
(3) *Ouvr. cit.*, t. I, p. 76, 77 et suiv.

ne fait pas périr presque subitement les lapins âgés de moins de dix jours. « Quand je dis, ajoute Legallois, que cette destruction ne fait pas périr les très jeunes lapins, je ne prétends pas affirmer qu'ils s'en rétablissent; je veux seulement dire qu'ils n'en meurent pas subitement à la manière des lapins de vingt jours et au delà, mais au bout d'un temps plus ou moins long. » Il avance aussi que, « la destruction de la moelle dorsale n'est pas toujours très rapidement mortelle dans les tout jeunes lapins ». Quant à la destruction de la moelle cervicale, la plupart en meurent aussitôt, dès le premier jour de leur naissance. A la vérité, jusqu'à l'âge de dix jours, l'insufflation pulmonaire peut prolonger la vie de quelques-uns; mais, en général, ce n'est que pour un temps assez court, et les signes de vie qu'ils donnent sont faibles. — Enfin, la destruction simultanée des trois portions de la moelle serait constamment et *subitement mortelle à tous les âges*, par suite de l'arrêt de la circulation.

On n'a pas manqué tout d'abord d'objecter à Legallois que le cœur, arraché de la poitrine d'un animal vivant, continuait de se mouvoir, et que, par conséquent, les contractions de cet organe devaient encore persister après qu'on a détruit la moelle épinière. Legallois lui-même (1) avait reconnu, par l'expérience, l'exactitude de ces faits; mais, dans cette dernière circonstance, il regarde les mouvements du cœur comme tellement affaiblis, qu'ils ne peuvent plus entretenir la circulation, et comme seulement analogues à ceux qu'on observe dans les autres muscles qui demeurent irritables plus ou moins longtemps après la mort : « Dans ces derniers, dit-il, les mouvements n'ont lieu que quand on stimule directement le muscle ou le nerf qui s'y rend, et il n'y a qu'un mouvement pour chaque renouvellement du stimulus. Dans le cœur, les mouvements se répètent spontanément, parce que le sang qu'il contient en est le stimulus naturel. » Puis, afin de prouver qu'après la destruction de la moelle, la circulation générale est abolie, malgré la persistance des faibles contractions du cœur et malgré l'insufflation pulmonaire, Legallois cite l'absence d'hémorrhagie quand on coupe une grosse artère d'un membre, la vacuité et l'aplatissement des carotides, ou bien l'écoulement d'un sang noir provenant des artères. Il reconnaît d'ailleurs que ces signes peuvent offrir parfois quelque incertitude, quand il s'agit de démontrer l'instantanéité de la cessation de la circulation après qu'on a détruit la moelle épinière.

La doctrine de Legallois, qui fait résider dans la *moelle épinière* le principe des mouvements du *cœur*, commençait à peine à s'établir en France, qu'un physiologiste anglais, Wilson Philip (2), la combattit par des expériences desquelles il conclut, avec Haller, que l'action du cœur et de tous les muscles involontaires, indépendante du système nerveux, émane d'une force inhérente à la fibre musculaire. —Après avoir étourdi des lapins par un coup porté sur le derrière de la tête, Wilson Philip leur enleva la moelle épinière et le cerveau, et maintint la respiration par des moyens artificiels : malgré une semblable mutilation, il aurait vu la circulation et les mouvements du cœur s'opérer comme dans l'état de vie, pendant une demi-heure et même davantage.

Des résultats analogues furent obtenus, sur des animaux d'espèces différentes,

(1) *Ouv. cit.*, p. 85.
(2) *An Experim. Inquiry into the Laws of the vital Functions*, etc. London, 1817, p. 69 et suiv. (*Biblioth. univ. Genève*, 1819, t. X, . 182).

par C. A. Weinhold (1), C. F. Nasse (2), Flourens (3), Wedemeyer (4), etc. Du reste, avant ces expérimentateurs, Zimmermann (5) et Spallanzani (6), ayant opéré, l'un sur un chien et l'autre sur une salamandre, avaient déjà reconnu que la destruction du cerveau et de la moelle épinière est loin d'entraîner la paralysie du cœur aussi rapidement que Legallois devait le prétendre plus tard : Zimmermann et Spallanzani avaient expérimenté en vue de la théorie hallérienne.

Flourens (7), dans ses expériences sur des lapins, des chats, des chiens, des cabiais et des poules, est parvenu, après la destruction de la moelle et même de tout l'axe cérébro-spinal, à entretenir la circulation plus longtemps encore que ne l'avait fait Wilson Philip, c'est-à-dire pendant une heure et une heure et demie. Toutefois Flourens s'est bien gardé d'adopter la conclusion de Wilson Philip et de Haller : « Le système nerveux, dit-il, concourt à l'énergie et à la durée de la circulation, non-seulement d'une manière générale et absolue, mais encore d'une manière spéciale et déterminée ; car, lorsqu'une région déterminée du système nerveux (*moelle*) est seule détruite, c'est toujours dans les seules parties correspondantes à cette région que la circulation se montre surtout affaiblie. Il y a donc une influence générale, c'est-à-dire de tout le système sur toute la circulation, et des influences locales et partielles des diverses régions de l'un sur les diverses régions de l'autre. »

Contre les assertions évidemment exagérées de Legallois, je rappellerai que, dans les expériences que j'ai faites (1839-48) sur les cordons de la moelle, j'ai fréquemment, chez des chiens *adultes*, retranché la portion lombaire de cet organe, ainsi que la plus grande longueur de sa portion dorsale, et que la mort n'est, en général, survenue que plusieurs heures après cette grave mutilation. Plus récemment, Brown-Séquard (8) a constaté qu'après la destruction de la moitié (en longueur) de la moelle épinière, sur des pigeons, la vie peut durer aussi longtemps que chez ces oiseaux intacts. Le même observateur a conservé, pendant près de trois mois (du 8 avril au 4 juillet), un jeune chat auquel il avait enlevé toute la moelle lombaire. L'animal est mort par accident étranger à cette lésion.

La plupart des précédents résultats ne s'accordent donc guère avec les affirmations trop absolues de Legallois.

Cependant il y aurait aussi exagération et erreur à vouloir nier toute influence de la moelle sur les mouvements du cœur. Cette influence existe, et dès lors il est rationnel de supposer que, chez un animal récemment décapité, l'irritation mécanique, chimique ou galvanique de la moelle épinière doit modifier ces mouvements.

En effet, Volkmann (9), à la suite de la stimulation électrique de la moelle

(1) *Versuch über das Leben und seine Grundkräfte auf dem Wege der Experimentalphysiologie*. Magdeburg, 1817.
(2) *Untersuch. zur Lebensnaturlehre und zur Heilkunde*. Berlin, 1818.
(3) *Rech. expérim. sur les propr. et les fonct. du syst. nerv.* Paris, 1824, p. 191. — et 2e édit., Paris, 1842, p. 216 et suiv.
(4) *Untersuch. über den Kreislauf des Blutes*, etc. Hannover, 1828.
(5) *Dissert. physiol. de irritabilitate*. Gœttingen, 1751, in-4.
(6) *Expér. sur la circulat.*, trad. franç., p. 342.
(7) *Loc. cit.*
(8) *Comptes rendus de la Soc. de biologie*, t. II, p. 29. — *Compt. rend. de l'Acad. des sc. de Paris*, 1850, t. XXX, p. 828, — et *Experim. Researches*, etc., p. 15.
(9) MÜLLER'S *Archiv.*, 1845, p. 416.

épinière, a constaté des changements dans le rhythme des battements du cœur. J'avais déjà obtenu de semblables résultats, en faisant passer un courant électrique à travers la portion cervicale de la moelle d'animaux préalablement décapités. Longtemps auparavant, Wilson Philip (1) avait reconnu que l'humectation de la moelle épinière avec de l'alcool accroît les battements cardiaques, mais que la dissolution d'opium ou l'infusion de tabac, après les avoir accélérés, les ralentit bientôt; qu'enfin, dans ces cas, *la portion cervicale de la moelle* est celle qui exerce le plus d'influence. Ces expériences (avec l'alcool) m'ont souvent réussi sur des animaux d'abord privés de leur encéphale, et même les phénomènes se sont manifestés très rapidement. Les expériences concordantes de Clift (2), de Wedemeyer (3), etc., établissent que la destruction de la moelle épinière, quand elle a lieu d'une manière subite, entraîne une accélération instantanée des battements du cœur, promptement suivie d'une grande diminution dans leur énergie. Nasse (4) a également vu, chez des chiens dont il entretenait la circulation par une respiration artificielle, qu'après la destruction de la moelle épinière, les battements du cœur devenaient plus lents et plus faibles, de sorte que le sang de l'artère crurale, qui auparavant s'élançait à quelques pieds, ne jaillissait plus qu'à plusieurs pouces, ou même ne formait plus de jet. — Nous-même, ayant préalablement lié les deux carotides primitives et les deux artères vertébrales, sur des chiens adultes, avons décapité ces animaux au-dessous du bulbe rachidien, avec la précaution de pratiquer en même temps l'insufflation artificielle; puis, le cœur étant mis rapidement à découvert pour constater, *de visu*, l'énergie de ses contractions, nous avons immédiatement détruit, à l'aide d'une tige de fer, toute la moelle épinière : après un temps d'*arrêt*, les contractions sont devenues très précipitées pendant quelques secondes, puis elles ont été surtout beaucoup plus faibles qu'avant la destruction de la moelle. Nous avons plusieurs fois répété l'expérience, en nous servant de deux chiens également décapités, et chez lesquels une ouverture faite à la poitrine permettait d'observer directement le cœur : nous avons vu constamment, chez l'animal dont la moelle avait été détruite, les contractions cardiaques faiblir d'une manière très sensible, comparativement à celles de l'autre animal dont la moelle était demeurée intacte.

L'influence excitatrice de la moelle épinière sur les mouvements du cœur est encore prouvée par le trouble que cet organe présente dans certains cas pathologiques où l'altération réside exclusivement dans la moelle. Ollivier (d'Angers) (5) en a rapporté divers exemples.

Dans le but d'établir que les contractions du cœur sont absolument indépendantes de la moelle épinière, quelques auteurs ont surtout invoqué les observations des fœtus amyélencéphales, chez lesquels les mouvements cardiaques avaient existé jusqu'à la naissance, c'est-à-dire en l'absence de tout l'axe cérébro-spinal frappé d'un arrêt de développement et depuis longtemps disparu de l'organisme. Mais on a répondu que le fœtus ne jouit pas d'une vie individuelle propre, qu'il n'est pour ainsi dire qu'une partie de l'organisme maternel, qu'il est d'ailleurs dans des con-

(1) *Ouvr. cit.*, chap. II, p. 80 ; chap. XI, p. 243.
(2) MECKEL'S *Deutches Arch.*, t. II, p. 140, et dans *Philos. Transact.*, 1815.
(3) *Untersuchungen*, etc., p. 235.
(4) *Loc. cit.*
(5) *Traité des maladies de la moelle épinière*, passim, et t. I, p. 132, 3e édit.

ditions circulatoires tout à fait spéciales et différentes de celles où se trouve l'enfant après sa naissance, et que, par conséquent, de semblables observations ne sauraient aucunement démontrer que, chez l'homme ou l'animal *adulte*, l'influence de la moelle dût être nulle sur les mouvements du cœur.

Breschet et Lallemand, nous l'avons dit, ont d'ailleurs fait remarquer que les ganglions du grand sympathique offrent, chez de pareils monstres, un volume plus considérable que chez les fœtus normaux. Cela ne pourrait-il suffire pour augmenter l'énergie fonctionnelle de ces ganglions et les rendre capables de suppléer l'influence de l'axe cérébro-spinal ? il ne faut pas oublier, en effet, que les renflements ganglionnaires du grand sympathique sont riches en substance grise et en vaisseaux, et que, dans certaines limites, ils peuvent être, comme la matière grise de la moelle elle-même, des centres producteurs de la force nerveuse. — On est d'autant plus porté à admettre que la seule intervention du grand sympathique est *d'abord* suffisante, que, d'après Tiedemann, la substance grise de la moelle n'apparaît, chez le fœtus, que vers le sixième ou le septième mois. Mais, plus tard, la force nerveuse destinée à animer le cœur devant être augmentée, les sources d'où elle provient devaient se multiplier ; aussi, selon nous, voit-on s'associer nécessairement dans leur action, et la substance grise ganglionnaire, et la substance grise de la moelle, quoique chacune d'elles fournisse isolément le principe nerveux. De la sorte on s'explique, d'une part, l'entretien de la circulation chez les fœtus amyélencéphales, et, de l'autre, la persistance de la circulation, même chez l'adulte, plusieurs heures après la destruction de la moelle épinière.

Faut-il encore rappeler que des expériences récentes ont démontré que de petits renflements ganglionnaires, existant dans la substance même du cœur, ne sont pas étrangers à l'entretien des contractions plus ou moins durables de cet organe, après qu'on l'a séparé de l'axe cérébro-spinal et du cordon cervical du grand sympathique ?

Concluons donc qu'il n'existe aucun argument irrécusable en faveur de la *non-influence* de la moelle sur les mouvements du cœur *chez l'adulte* ; qu'au contraire, des faits multipliés, empruntés à l'expérimentation et à la pathologie, établissent l'intervention plus ou moins prochainement nécessaire de ce centre nerveux, pour l'entretien de la circulation.

E. — Pour terminer l'étude du rôle que joue le système nerveux dans la production et la succession des mouvements du cœur, il nous reste à faire connaître les relations physiologiques qui existent entre cet organe d'une part, la moelle allongée et les nerfs pneumogastriques d'autre part. Ce point si intéressant de physiologie est un de ceux qui, dans ces derniers temps, ont le plus exercé la sagacité des expérimentateurs.

On sait que plusieurs d'entre eux n'ont pas hésité à considérer la *moelle allongée* (bulbe rachidien) comme le centre duquel dérive le principe incitateur des mouvements cardiaques, et les nerfs *pneumogastriques* comme les voies spéciales de transmission de ce principe au cœur ; de même que, d'après une autre doctrine déjà exposée, les nerfs ganglionnaires (grand sympathique) transmettraient au cœur son principe d'action émané de la moelle épinière. Or, les faits sur lesquels divers physiologistes se sont fondés pour formuler d'une manière aussi simple la première opinion, ont paru à d'autres être des plus singuliers, complétement imprévus et

des plus difficiles à ranger dans une théorie quelconque de l'action nerveuse. Quand nous aurons exposé ces faits, fournis par l'expérimentation, nos efforts devront donc tendre à les systématiser, et à substituer une théorie rationnelle à des explications incomplètes ou évidemment erronées.

A l'exemple de Budge (1), de Ed. et E. H. Weber (2), on peut mettre en évidence l'action de la moelle allongée sur les mouvements du cœur, en faisant traverser ce foyer d'innervation par un courant galvanique, intense et discontinu : par là, on détermine aussitôt l'*arrêt* des battements cardiaques. Puis, quand on vient à examiner attentivement le cœur, on constate avec surprise qu'au lieu d'avoir été mis dans un état spasmodique, comme il arrive en pareil cas aux muscles de la vie animale, cet organe est dans un état absolument inerte, c'est-à-dire dans le *relâchement*.

L'expérimentation a également appris à ces observateurs que le même effet résulte de la galvanisation des *pneumogastriques*, *qui, par conséquent*, indépendamment de leurs autres usages, *sont chargés de transmettre au cœur l'influence spéciale qu'exerce sur lui la moelle allongée.*

A l'appui de cette dernière proposition, il importe de citer quelques expériences qui ne paraîtront pas sans intérêt.

Pendant le passage, à travers la moelle allongée, du courant énergique d'un appareil d'induction, et durant l'état de relâchement et l'arrêt qui en résultent pour le cœur, vient-on à couper les nerfs pneumogastriques ou bien à les lier, aussitôt cet organe se remet à battre et à se contracter comme à l'ordinaire; comme si l'influence spéciale de la moelle allongée, en cessant d'arriver par ses voies naturelles au cœur, donnait par cela même un plus libre cours à une *influence excito-motrice*, émanée d'ailleurs. — Une galvanisation intense des pneumogastriques, si elle se prolonge, équivaut à leur section ou à leur ligature, c'est-à-dire que les battements cardiaques, d'abord suspendus, reparaissent bientôt pendant le passage même du courant, et que vainement alors on galvanise la moelle allongée, sans pouvoir déterminer le relâchement du cœur : ces tentatives restent vaines aussi longtemps que dure l'épuisement des pneumogastriques ou leur inaptitude à remplir leur rôle ordinaire d'agent de transmission. — Il en est encore de même dans l'expérience suivante : sur une grenouille empoisonnée par le *curare* (3) et dont le cœur continue de battre, mais chez laquelle aussi, comme tous les autres nerfs moteurs, les troncs mixtes des pneumogastriques ont perdu leur excitabilité, on a beau diriger un courant intense à travers le bulbe rachidien, les pulsations cardiaques n'en continuent pas moins. — Enfin rappelons qu'il existe une substance employée chaque jour, comme médicament, dans le but de calmer ce qu'on appelle les *palpitations* du cœur : c'est la digitale, dont les effets sédatifs sont dus, non à une action directe sur cet organe, mais à une influence particulière sur la moelle allongée (bulbe rachidien), influence transmise au cœur par les pneumogastriques. En effet, Traube (4), ayant injecté une certaine quantité d'infusion de digitale dans les veines d'un chien, a vu, une heure

(1) *Archives de* ROSER et WUNDERLICH, 1846, V, p. 319 et 540. — R. WAGNER'S *Handwörterbuch der Physiol.*, t. III, p. 413.

(2) MÜLLER'S *Archiv für Anat.*, etc., 1846, p. 497.

(3) CL. BERNARD, *Leçons sur les substances toxiques et médicamenteuses*. Paris, 1857, p. 348-367.

(4) CANSTATT'S *Jahresbericht über die Fortschritte der Medicin*, 1853, t. V, p. 121.

après, le pouls descendre de 128 pulsations à 32 : tandis que la même expérience, répétée sur un chien auquel avaient été coupés les pneumogastriques, n'a donné lieu à aucun changement dans les battements du cœur. N'est-ce pas encore là une de ces éclatantes preuves militant contre la théorie hallérienne, qui, à tort, regarde l'organe central de la circulation comme indépendant du système nerveux ?

Qu'il nous suffise donc de ces différents exemples pour prouver que les relations physiologiques, *toutes spéciales*, qui existent entre la moelle allongée et le cœur, sont établies par l'entremise des pneumogastriques.

Mais, avant d'aller plus loin et de chercher à pénétrer la nature de ces relations, rappelons que, dans le tronc mixte de chaque pneumogastrique, se trouvent à la fois des filets propres à ce dernier nerf et d'autres filets venus de la branche interne du spinal (accessoire de Willis). Or, l'expérimentation a-t-elle appris quelque chose sur la part de chacun de ces nerfs dans le rôle que nous examinons ? C'est ici le lieu de mentionner une intéressante expérience de Waller (1) : après l'arrachement de l'un des deux nerfs spinaux, pratiqué depuis *environ une semaine* (*), ce physiologiste a galvanisé le tronc correspondant du pneumogastrique, et n'a plus vu survenir l'arrêt et le relâchement du cœur; au contraire ces effets ont eu lieu en galvanisant, au cou, l'autre pneumogastrique resté en connexion avec le spinal. Déjà Schiff (2) avait reconnu que la galvanisation du pneumogastrique d'*un seul côté* suffisait pour suspendre les battements cardiaques, pourvu que le courant d'induction fût assez puissant. — Ainsi, d'après Waller, ce sont les nerfs accessoires de Willis (branches internes), et non les pneumogastriques proprement dits, qu'on doit considérer comme appelés à transmettre la précédente influence de la moelle allongée au cœur.

Il nous reste une tâche difficile à remplir, c'est de formuler une théorie des rapports fonctionnels qui existent incontestablement entre le cœur et le système nerveux, en commençant par la moelle allongée.

Des explications diverses ont été proposées. — Admettre, avec Budge (3), les frères Weber (4) et Ed. Pflüger (5), des nerfs dont l'excitation ferait *cesser* le mouvement des parties contractiles auxquelles ils se rendent, ne parut guère possible. Il sembla donc plus rationnel de croire que de pareils résultats s'expliquent par un épuisement nerveux momentané, dû au passage d'un courant énergique : en effet, chez un animal récemment tué, une galvanisation assez faible de la moelle allongée, ou bien des nerfs vagues, au cou, peut parfois activer les contractions cardiaques, comme s'il s'agissait de tout autre nerf en rapport avec

(1) *Expériences sur les nerfs pneumogastrique et accessoire de Willis* (*Gaz. méd. de Paris*, 1856, p. 420).

(*) Dans mon mémoire intitulé : *Recherch. expérim. sur les conditions nécessaires à l'entretien et à la manifestation de l'irritabilité musculaire* (*Examinateur médical*, 1841), j'ai démontré que tout nerf moteur, séparé de l'axe cérébro-spinal, cesse d'être excitable *après le quatrième jour*. Cela explique pourquoi WALLER a dû attendre que ce laps de temps fût écoulé, avant de tenter toute expérience galvanique ultérieure sur le tronc mixte du pneumogastrique.

(2) *Archiv für physiol. Heilkunde*, 1849, t. VIII, p. 179.

(3) *Ouvr. cit.*

(4) *Ouvr. cit.*

(5) *Dissert. inaug. de nervorum splanchnicorum in intestinum actione.* Berlin, 1856. — *Ueber das Hemmungs Nervensystem*, 1857.

un organe contractile quelconque. La *théorie de l'épuisement nerveux* fut défendue par Schiff (1), Spiegelberg (2) et G. Valentin (3) : nous crûmes d'abord devoir l'adopter nous-même. Elle fut également admise, avec des restrictions, par Jos. Lister (4). Mais, d'après ce qui précède, on sait déjà, d'une part, qu'avec une galvanisation intense et prolongée des pneumogastriques, les battements cardiaques, d'abord suspendus, reparaissent bientôt *pendant le passage même du courant ;* d'autre part, nous ajouterons que, si l'on cesse la galvanisation alors que le cœur est dans le relâchement, les battements de cet organe se montrent de nouveau avec une rapidité qui exclut toute idée d'un épuisement suivi de la réparation des forces. Dans l'hypothèse que nous examinons, ils devraient être plus lents à se rétablir.

Admettant, avec la plupart des anatomistes du siècle dernier, que les pneumogastriques sont surtout les nerfs vasculaires du cœur, Brown-Séquard (5) s'explique de la manière suivante les résultats des expériences de Budge, Ed. et E.-H. Weber : « Quand ces nerfs, dit-il, sont galvanisés, ils produisent la contraction des vaisseaux du cœur ; et, comme les battements du cœur dépendent des excitations qu'il reçoit du *sang* contenu dans ces vaisseaux, il est évident qu'il doit alors cesser de battre. » Mais, si l'état de relâchement du cœur, qui résulte de la galvanisation de la moelle allongée ou des pneumogastriques, était dû à une pareille cause, le tissu musculaire de cet organe devrait paraître presque exsangue pendant qu'il est ainsi relâché : or, la simple inspection, ou mieux une incision faite à ce tissu prouve qu'il est loin d'en être ainsi. D'ailleurs, il est difficile de croire qu'un état de contraction spasmodique des vaisseaux capillaires du cœur puisse déterminer un arrêt aussi brusque, aussi instantané des mouvements cardiaques, quand on voit ceux-ci ne s'éteindre que d'une manière progressive et assez lente après la ligature des vaisseaux coronaires (*), ou même continuer des heures entières, dans certaines espèces animales, sans le concours d'aucune circulation intra-cardiaque.

Dans notre opinion, les fibres contractiles du cœur reçoivent deux influences de signes contraires : l'une *excito-motrice* ou *positive*, qui fait contracter le cœur et émane plus spécialement de la moelle épinière aidée du grand sympathique ; l'autre *antagoniste* ou *négative*, qui a pour effet de déterminer le relâchement de cet organe, et qui provient de la moelle allongée aidée des troncs mixtes des pneumogastriques. — Pourquoi cette double influence ? Comment se traduit-elle dans l'état physiologique et aussi dans le cas d'excitations anormales ?

Nous connaissons déjà les expériences de Volkmann, Bidder, Ludwig et Heidenheim, tendantes à démontrer que les mouvements rhythmiques du cœur sont entretenus surtout par le système nerveux. Cependant il est certain que l'arrivée du sang dans les *cavités cardiaques*, par le choc, l'ébranlement et aussi par la distension

(1) *Lehrbuch der Physiologie*. Lahr, 1858, p. 189.

(2) HENLE und PFEUFER, *Zeitschrift für ration. Medizin*, 1857.

(3) MEISSNER und HENLE, *Jahresbericht*, etc., 1858.

(4) *Preliminary Account of an Inquiry into the Functions of the Visceral Nerves, with Special Reference to the so called* « Inhibitory System » ; *in a Letter to* Dr SHARPEY. August 13, 1858.

(5) *Gaz. méd. de Paris*, 1853, p. 429. — *Ibid.*, 1854, p. 136.

(*) Voir les expériences de ERICHSEN et de SCHIFF, citées plus haut (p. 768), sur les effets de la ligature des vaisseaux coronaires du cœur.

fibrillaire qui en résultent, excite le cœur à se contracter (*). Si cette distension ou ce tiraillement d'un tissu contractile devient en effet, pour lui, une cause qui l'invite à réagir, il est à noter qu'*à force de se répéter*, une stimulation de cette nature, quelque légère qu'on la suppose, finirait par amener une surexcitation assez grande pour déterminer une contraction permanente ou état tétanique du cœur. Il faut donc, afin d'empêcher cette conséquence nécessaire de stimulations incessantes et additionnées les unes aux autres, que le cœur reçoive du système nerveux ou du sang une influence qui fasse succéder *instantanément* un relâchement absolu de ses fibres à chacune de leur contraction ; de manière qu'en définitive cet organe musculaire, comme tous les autres muscles, ait le temps de se reposer. Or, c'est ce qui arrive ; et c'est spécialement le système nerveux (la moelle allongée notamment avec le concours des troncs mixtes des pneumogastriques) qui assure le repos du cœur après chaque révolution complète, et qui ainsi en gouverne les mouvements rhythmiques.

Dans l'état normal, les deux précédentes influences, *excito-motrice et antagoniste*, se contre-balancent d'une manière alternative. Mais si cette dernière est accrue en intensité et en durée, par la galvanisation de la moelle allongée ou des pneumogastriques, elle prend momentanément le dessus, et aussitôt le *cœur s'arrête :* cet arrêt dure jusqu'à ce que, après avoir été épuisée par un courant intense et prolongé, elle laisse l'influence excito-motrice venue d'ailleurs prendre le dessus à son tour ; aussi voit-on alors le cœur se remettre à battre *pendant le passage même du courant*. Rappelons que, en opérant sur la moelle cervicale ou sur les nerfs cardiaques du grand sympathique d'un animal décapité, on ne parvient jamais à arrêter le cœur, à le mettre dans le *relâchement*, quelle que soit l'intensité du courant galvanique ; qu'au contraire on entretient et l'on active ainsi les mouvements de cet organe. Une pareille opposition dans les résultats est assurément bien digne d'intérêt.

L'occasion s'offre à nous de faire ici un rapprochement. Comment ne pas remarquer que des actions nerveuses analogues aux précédentes se retrouvent pour d'autres organes contractiles, qui, comme le cœur, sont pourvus de fibres musculaires exclusivement propres à les resserrer, mais non à les dilater d'une manière active? Ainsi, par exemple, la galvanisation du bout périphérique de la *corde du tympan* liée ou divisée met les vaisseaux de la glande sous-maxillaire dans l'état de relâchement ou de dilatation paralytique, tandis que, si l'on galvanise les filets nerveux du grand sympathique qui se rendent à cette glande, les mêmes vaisseaux se resserrent et cessent bientôt d'être perméables au sang (1). Tout nous porte donc à croire qu'en effet deux influences nerveuses différentes sont transmises aussi bien aux parois contractiles des divisions vasculaires en général qu'au cœur lui-même, influences excito-motrice et antagoniste desquelles résulte la contraction ou le relâchement forcé de ces parties. On connaît aussi les intéressantes expériences de Pflüger (2), qui a démontré qu'en faisant passer le courant intense

(*) Nous avons examiné précédemment le rôle du *sang artériel* dans l'entretien de la contractilité propre du cœur. Ce n'est plus d'un pareil rôle qu'il s'agit ici, mais d'un effet mécanique dû à l'abord du sang dans les cavités mêmes de cet organe.

(1) Cl. Bernard, *Sur les variations de couleur dans le sang veineux des organes glandulaires, suivant leur état de fonction ou de repos* (*Journal de physiol. de l'homme et des animaux*, t. I, p. 241).

(2) *Mém. et Rec. cit.*

d'un appareil d'induction dans les grands nerfs splanchniques, on peut *faire cesser* les mouvements et les contractions de l'intestin grêle, etc.

Pour se rendre compte de l'*accélération des battements du cœur* après la section des nerfs pneumogastriques, accélération admise par la plupart des expérimentateurs et nous-même, mais niée comme constante seulement par quelques-uns (*), doit-on invoquer la suppression de l'antagonisme existant, à l'état normal, entre les deux modes d'action nerveuse que nous avons essayé de caractériser ? En d'autres termes, cette accélération résulte-t-elle de l'impossibilité où se trouverait dès lors la moelle allongée d'exercer son influence modératrice ou antagoniste sur les contractions cardiaques, persistantes par suite de l'influence excito-motrice émanée de la moelle et du grand sympathique ? Si les battements du cœur peuvent en effet s'accélérer par une pareille cause, nous ne croyons pas que cette cause soit la seule, ni surtout qu'elle soit la principale. — Voici comment, suivant nous, la section des pneumogastriques détermine l'*accélération* des contractions cardiaques en même temps que leur *affaiblissement* (**). Les troncs mixtes de ces nerfs contiennent la plupart des rameaux *vaso-moteurs* qui président à la contractilité des vaisseaux innombrables du poumon ; aussi, quand on a divisé ces troncs nerveux, au cou, les plus fines divisions des vaisseaux pulmonaires, une fois paralysées, se laissent-elles distendre par le sang, d'où résulte un passage plus facile de ce fluide des artères dans les veines. Or, à cause même de cet élargissement des voies circulatoires du poumon et de la facilité plus grande du cours du sang à l'intérieur de cet organe, on voit, d'une part, le cœur déployer moins de force, et d'autre part battre aussi plus vite, puisqu'il doit, dans un temps donné, envoyer d'autant plus de sang au poumon que celui-ci se laisse mieux traverser par ce fluide et en est plus tôt débarrassé. Au contraire, comme le démontre si bien le sphygmographe de Marey, le cœur se ralentit et redouble d'effort dans tous les cas où l'on augmente la tension artérielle, soit en faisant contracter le système capillaire général par le froid, soit en comprimant des troncs artériels de gros calibre (***). — Mais, comme conséquence du défaut d'innervation vasculaire, par les pneumogastriques, surviennent bientôt des exhalations séreuses, soit à l'intérieur des bronches paralysées qui ne peuvent plus les expulser, soit dans l'épaisseur même du parenchyme pulmonaire dont les vaisseaux se trouvent alors mécaniquement comprimés; de là résultent une gêne et un retard circulatoires qui peuvent donner lieu à la formation de caillots intra-vasculaires et à un engouement considérable des poumons. A la vérité, le cœur bat vite encore, dans cette période de l'expérience, mais ce ne sont plus que les mouvements tremblotants, inégaux et débiles qu'on observe toujours comme signes précurseurs de la mort.

A nos yeux, la moelle allongée est donc loin de remplir, par rapport aux mouvements du cœur, un rôle aussi secondaire que le supposent quelques physiolo-

(*) Tels sont LUDWIG et HOFFA (*Zeitschrift für ration. Med.*, 1850, t. IX, p. 140), et plus récemment encore JOS. LISTER (*Mém. cit.*).

(**) CL. BERNARD (*Comptes rendus des séances de la Société de biologie*, t. I, p. 13, année 1849) a démontré qu'après qu'on a coupé les pneumogastriques, « la force contractile du cœur est altérée au point de ne plus faire monter le cardiomètre que de quelques millimètres, tandis qu'à l'état normal chaque contraction lui communique un mouvement ascensionnel de 15 à 18 millimètres. »

(***) Ce point sera traité avec plus de détails à propos de la fréquence des battements du cœur.

gistes. Parce que, malgré l'ablation de ce centre nerveux et avec des températures déterminées, des batraciens ont vécu plusieurs mois (1), ou que des fœtus anencéphales, complétement dépourvus de *moelle allongée*, ont continué à offrir des *mouvements cardiaques réguliers* pendant une longue période de leur vie intra-utérine (*), est-on en droit de conclure qu'elle est étrangère à ces sortes de mouvements chez les animaux plus élevés, ou qu'elle n'y concourt en rien chez les individus normalement conformés, et surtout après l'époque fœtale? Mais des batraciens, auxquels on a excisé ou lié les poumons à leur racine, survivent aussi fort longtemps à cette mutilation, et aucun expérimentateur n'en a inféré que les poumons fussent étrangers aux phénomènes essentiels de la respiration. C'est ici le lieu de rappeler que le maintien de la vie se montre d'autant moins dépendant de l'*intégrité* de la circulation et de la respiration que l'organisation des animaux est plus inférieure, que leur température et les combustions de nutrition sont moins développées. En effet, après qu'on a supprimé les poumons d'une grenouille ou d'une salamandre, la respiration est loin d'être aussi complète qu'auparavant, et néanmoins elle persiste avec son échange gazeux et la vie avec elle ; de même, après qu'on a excisé la moelle allongée de ces animaux, la circulation peut être moins parfaite et pourtant continuer de manière à entretenir la vie. Chacun sait bien qu'il n'en serait point ainsi chez des mammifères ou des oiseaux adultes. Or, on se borne à conclure, dans le premier cas, que le poumon, organe principal de la respiration, a été suppléé par la peau, autre surface respiratoire : c'est une conclusion analogue qu'il eût fallu tirer, dans le second cas, c'est-à-dire que la moelle allongée, principal centre qui régit le rhythme du cœur, peut être remplacée dans certaines limites par d'autres centres nerveux auxiliaires. Tout concourt, en effet, à prouver qu'au cœur surtout s'applique ce principe que nous avons déjà formulé ailleurs, à savoir : que les moyens d'innervation propres à entretenir le jeu d'un organe se multiplient en raison de l'importance physiologique de cet organe. C'est pour avoir méconnu ce principe, avons-nous dit, que généralement on a voulu trop localiser l'origine de l'influence nerveuse destinée au cœur.

Pour ce qui concerne l'influence du système nerveux sur les mouvements du cœur, nous nous résumerons dans les propositions suivantes :

— Il serait inexact de soutenir aujourd'hui, avec l'école de Haller, que le cœur se trouve dans une indépendance absolue à l'égard du système nerveux : l'action nerveuse est indispensable à la production et à la succession des mouvements rhythmiques de cet organe.

— Les nerfs, dont le tissu du cœur est pénétré et qui puisent leur force dans le centre cérébro-spinal et ganglionnaire, sont nécessaires à la nutrition, à la vie de ce tissu, et partant, à sa contractilité.

— Si un cœur, séparé de l'organisme, continue de battre pendant quelque temps (temps variable suivant l'espèce animale), c'est qu'il recèle en lui-même des éléments nerveux dont l'action n'est pas épuisée et qui opèrent leur décharge, d'une manière intermittente, sur la fibre musculaire cardiaque. Il existe, notamment

(1) BROWN-SÉQUARD, *Comptes rendus de la Soc. de biologie*, octobre 1849, t. I, p. 158 ; t. III, p. 73 ; et *Journal de physiologie*, 1858, t. I, p. 222.

(*) Voir ci-dessus, p. 779, pour l'indication des faits de ce genre.

dans l'épaisseur de la cloison interauriculaire, de petits ganglions dont la curieuse influence nous est connue.

— Le cœur reçoit de points multiples des centres cérébro-spinal et ganglionnaire des influences diverses, dont les unes ont pour but spécial d'*exciter* les contractions de cet organe, et les autres de les *suspendre* à des intervalles réguliers.

— L'erreur du plus grand nombre des physiologistes a consisté surtout à vouloir trop localiser et spécifier un principe d'action dont l'origine et le mode d'influence sont certainement multiples. — Ce n'est *exclusivement* ni du cerveau (Piccolomini, etc.), ou du cervelet (Willis), ni de la moelle allongée (Budge et Schiff), ou de la moelle épinière (Legallois), ni enfin des ganglions sympathiques seuls (Prochaska), que dérive l'action du système nerveux sur le cœur : toutes ces parties centrales ont une influence plus ou moins prochaine et nécessaire sur les mouvements de cet organe suivant l'espèce et suivant l'âge de l'animal. — Elles peuvent d'autant mieux se suppléer les unes les autres, que le vertébré appartient à une classe plus inférieure, ce qui explique une circulation plus ou moins durable et régulière, après la destruction d'un ou de plusieurs de ces centres nerveux.

—La moelle épinière, aidée du grand sympathique, est la source principale, mais non exclusive, de l'action *excito-motrice* ou positive qui fait contracter le cœur ; la moelle allongée, aidée des troncs mixtes des pneumogastriques, est la source principale, mais non exclusive, de l'*action antagoniste* ou négative qui a pour effet de contribuer au rhythme du cœur en mettant cet organe dans le relâchement après chaque révolution complète.

Action des différentes cavités du cœur.

I. *Des oreillettes.* — En examinant chaque moitié du cœur, il est facile de reconnaître que l'oreillette, à cause de la minceur de ses parois et de la faiblesse de ses bandelettes musculeuses, ne saurait être la partie importante de cet organe. L'anatomie comparée autorise à la considérer comme une sorte d'ampoule terminale du système veineux; le cœur véritable est essentiellement constitué par le ventricule. — En mettant à nu le cœur d'un assez grand mammifère, chez lequel on entretient la respiration artificielle, on constate que l'action de l'oreillette est très faible, si on la compare à celle du ventricule : un manomètre introduit dans la cavité auriculaire, au moment où elle se contracte, accuse une pression cinq à six fois moindre que celle qu'on obtient avec la cavité ventriculaire correspondante, prise dans les mêmes conditions. Les parties terminales du système veineux (veines caves supérieure et inférieure) possèdent aussi une contraction active : G. Valentin (1) les a vues se mouvoir d'une manière rhythmique avec les oreillettes, et il a pu provoquer leur mouvement par la galvanisation de certains rameaux du plexus cardiaque.

Du reste, ce qui tend bien à prouver que, dans le mécanisme du cœur, l'action de l'oreillette est seulement accessoire, c'est que cette cavité est si mal close du côté des veines, qu'elle ne saurait empêcher le sang d'y refluer, et qu'il faut remonter, pour la veine cave supérieure par exemple, jusqu'au confluent de la jugulaire et de la sous-clavière pour trouver des valvules qui s'opposent au reflux. Si on

(1) *De functionibus nervorum cerebralium et nervi sympathici.* Berne, 1839.

lui compare le ventricule, qui devait avoir une action propulsive efficace, on constate la disposition inverse, non-seulement pour l'épaisseur de ses parois, qui est relativement considérable, mais aussi pour la parfaite occlusion de ses valvules, qui s'opposent à tout courant rétrograde. Enfin, comme autre preuve du rôle secondaire de l'oreillette, nous rappellerons que, chez les animaux dont on a ouvert la poitrine, il n'est pas rare de voir la portion auriculaire du cœur demeurer immobile, alors que la portion ventriculaire continue de battre, ne recevant du sang qu'en vertu de la tension veineuse, et lançant néanmoins dans les artères des ondées bien appréciables par les battements qui en résultent.

Quand l'oreillette se contracte, elle ne fait qu'achever la réplétion du ventricule dans lequel le sang a déjà coulé. Communiquant largement par l'orifice auriculo-ventriculaire avec l'oreillette, et par suite avec le système veineux, le ventricule doit avoir reçu en effet sa part du sang que les veines versent constamment dans les cavités auriculaires du cœur. La contraction de l'oreillette n'envoie donc au ventricule qu'une quantité complémentaire de sang. L'oreillette, en se resserrant, est d'ailleurs loin de se vider tout à fait, et le fluide qu'elle chasse de sa cavité semble même être moins abondant que celui qu'elle y conserve.

A propos de la *succession des mouvements du cœur*, nous verrons que la contraction du ventricule arrive souvent avant la fin de celle de l'oreillette, et que par conséquent toute cette partie de l'action de l'oreillette, qui coïncide avec la systole du ventricule, est perdue pour la propulsion du sang : les valvules auriculo-ventriculaires sont alors relevées et closes hermétiquement par une force énergique, que ne saurait vaincre celle de l'oreillette.

En définitive, l'action de l'oreillette paraît se borner à la propulsion d'*une quantité assez faible* de sang, dont l'estimation exacte n'a pu être donnée jusqu'à présent.

II. *Des ventricules.* — Ils représentent les parties réellement actives dans la circulation cardiaque. L'énergie des contractions propres aux deux ventricules se révèle déjà à la fois par l'épaisseur de leurs parois musculeuses dont les fibres s'insèrent sur des anneaux fibreux, véritable squelette du cœur, et par la résistance de leurs appareils valvulaires. La preuve directe de cette énergie d'action s'obtient à l'aide d'expériences manométriques.

Comme chacun des ventricules doit, par sa contraction, presser également et en tous sens le liquide qu'il renferme, la direction de ses fibres devait lui donner en tous sens aussi une égale force : à cet effet, existent et des fibres circulaires, et des fibres obliquement descendantes de la base du cœur à la pointe, d'où elles se réfléchissent pour remonter de nouveau. C'est grâce à cette disposition que le cœur, en se contractant, se rétrécit suivant tous ses diamètres, qu'il diminue en longueur comme en circonférence.

Au moment de la systole ventriculaire, le sang, pressé également, sauf au niveau des orifices auriculo-ventriculaires et artériels, tend à s'échapper par chacun d'eux; mais, en vertu de la disposition même des valvules, les orifices auriculo-ventriculaires se ferment, et les deux orifices artériels seuls se laissent traverser par le sang, pourvu toutefois que la force ventriculaire soit assez grande pour lutter contre la pression qu'exerce sur les valvules sigmoïdes la tension du sang artériel.

Comment agissent les valvules auriculo-ventriculaires gauche et droite, ou

mitrale et *tricuspide?* Si l'on s'accorde pour admettre que le jeu de ces deux valvules doit être le même, et que, dans le cœur droit, la valvule tricuspide se comporte comme la valvule mitrale dans le cœur gauche, on diffère d'avis sur leur mode commun d'occlusion.

Parchappe (1), considérant l'aspect de ces replis valvulaires, les dentelures de leurs bords et l'intrication des cordages tendineux qui s'y attachent, supposa que, lors de la contraction ventriculaire, il se fait une sorte d'engrènement de ces parties les unes dans les autres, et que leur ensemble forme alors un *infundibulum* à sommet aigu dirigé du côté du ventricule, et à parois tendues par la contraction des colonnes charnues qui s'insèrent au bord libre des membranes valvulaires. — Suivant l'opinion ancienne, ces membranes, tout en s'adossant l'une à l'autre par l'effort du sang que poussent les ventricules contractés, sont refoulées en haut et font saillie dans la cavité de chaque oreillette, tandis que les colonnes tendineuses qui les retiennent s'opposent à leur retournement complet.

Chauveau et Faivre (2), dans leur remarquable travail sur les mouvements du cœur, ont été amenés par leurs expériences à adopter cette dernière manière de voir. Les faits qu'ils rapportent à son appui ne laissent pas de doute sur la réalité de ce second mode d'occlusion. « Si, disent-ils, sur un animal vivant (cheval), on introduit le doigt dans une oreillette, la droite par exemple, et si l'on explore l'orifice auriculo-ventriculaire, on sentira, au moment même où les ventricules entrent en contraction, les valvules triglochines ou tricuspides se redresser, s'affronter par leurs bords, et se tendre de manière à devenir convexes par en haut et à former un *dôme* multiconcave au-dessus de la cavité ventriculaire. » Ces expérimentateurs admettent, néanmoins, avec Parchappe, un rétrécissement de l'orifice auriculo-ventriculaire lui-même ; mais ce rétrécissement n'agit, pour l'occlusion de la valvule, qu'en permettant un affrontement plus parfait de ses bords inférieurs.

De ce fait bien constaté, le soulèvement des valvules mitrale et tricuspide vers l'oreillette, Chauveau et Faivre concluent que chacun des ventricules doit se vider incomplétement à chaque contraction, et que, sous cette sorte de dôme ou de cavité conique, il reste toujours une certaine quantité de sang qui ne peut être chassée lors de la systole ventriculaire. L'effet de la systole du ventricule est néanmoins bien plus complet que celui de la systole de l'oreillette : sauf la quantité de sang qui demeure sous le dôme valvulaire, et celle qui inévitablement se loge dans les interstices des colonnes charnues imparfaitement accolées les unes aux autres, comme dans les mailles d'un tissu spongieux, il est vraisemblable que, chez un sujet sain et dans l'état régulier de la circulation, chaque ventricule se vide tout à fait.

Force des ventricules. — Le premier physiologiste qui chercha à évaluer la force ventriculaire du cœur, fut Borelli (3). Le moyen imaginé par l'illustre fondateur de l'école iatro-mathématique, avait plus d'ingéniosité que de rigueur. Borelli part de ce principe, que l'élément musculaire contractile est une sorte de petit rhomboïde dont l'axe s'allonge et se raccourcit alternativement; qu'il a, dans

(1) *Du cœur, de sa structure et de ses mouvements, etc.* Paris, 1848.
(2) *Nouvelles recherches expérimentales sur les mouvements et les bruits normaux du cœur, etc.* (*Gaz. méd. de Paris*, 1856, p. 410).
(3) *De motu animalium*, 1743, pars II, p. 84.

toute l'économie animale, la même force de contraction, et que, par conséquent, un muscle quelconque a une force proportionnelle au nombre de ses éléments musculaires, c'est-à-dire à son volume. Mesurant la force qu'un muscle (le deltoïde, par exemple) peut déployer en soulevant un poids placé au bout du bras, Borelli transporte les résultats ainsi obtenus à l'évaluation de la force du cœur, dont il compare la masse musculaire à celle du deltoïde, et il arrive au chiffre énorme de 180 000 livres pour l'effort systolique du ventricule gauche. Puis, considérant que le moment d'action des fibres du cœur est très défavorable, il réduit à 3000 livres la force utile, c'est-à-dire celle avec laquelle le sang est poussé à chaque battement. Il est à peine nécessaire de dire que même ce dernier chiffre est énormément exagéré : Borelli y avait été conduit par une appréciation entachée d'erreurs et basée sur des suppositions entièrement arbitraires. — Nous n'avons mentionné ces résultats que pour faire comprendre la difficulté du problème devant lequel a échoué un des plus grands observateurs du XVII^e siècle, et pour faire ressortir le mérite de celui qui introduisit dans la science une méthode expérimentale bien préférable et encore usitée de nos jours.

Hales (1) eut l'idée d'appliquer le *manomètre* à l'évaluation de la force du cœur. Les deux propositions fondamentales qu'il établit tout d'abord furent celles-ci :

1° La pression du sang dans l'aorte peut se mesurer par la hauteur à laquelle le liquide s'élève dans un tube manométrique adapté à ce même vaisseau ;

2° La force du cœur peut s'évaluer en multipliant la pression aortique par la surface interne du ventricule gauche.

D'après ces données, Hales avança que la tension aortique fait équilibre à une colonne de sang qui, chez l'homme, aurait probablement 7 pieds 6 pouces, et que la même pression multipliée par la surface intérieure du ventricule (c'est-à-dire le poids que le ventricule aurait à soulever au début de sa contraction) serait d'environ 51 livres. — Le même auteur s'assura, à l'aide de nombreuses expériences, qu'en diminuant par la saignée la masse du sang d'un animal, on fait baisser graduellement la tension aortique, et, partant, la résistance que le cœur éprouve. Cette évaluation de la force du cœur par Hales donne la force *statique* de cet organe, abstraction faite de la durée d'application de la contraction ventriculaire. D'autres auteurs essayèrent d'en donner une expression *dynamique*. — J. Keill (2) avait cherché, avant Hales, à mesurer cette force d'après la vitesse du sang dans les artères : il était arrivé à l'évaluer à 5 onces, en considérant la durée de la systole ventriculaire comme égale à la moitié de celle de la diastole. — Daniel Bernouilli, dans la thèse inaugurale d'un de ses élèves, Passavant (3), établit une évaluation basée sur les expériences de Hales : il admet que chaque contraction du cœur dure une seconde (chiffre environ trois fois plus considérable que celui que Keill admettait), et arrive à cette conclusion, que la force dynamique du cœur est égale à 1 once 1/2.

Les expériences manométriques, furent peu répandues tant qu'il fallut adapter aux vaisseaux d'un animal d'une assez haute stature un tube de 10 à 12 pieds de longueur ; aussi Poiseuille rendit-il un véritable service en introduisant l'usage d'un manomètre à mercure, instrument beaucoup plus portatif. Dans ses mesures, Poiseuille négligea la seconde proposition de Hales, et évalua la force du cœur en

(1) *Hæmastatique*, trad. par Sauvages. Genève, 1744, in-4.
(2) *Tentamina medico-physica, quibus accessit medicina statica Britannica*. Londres, 1718.
(3) *De vi cordis*, etc. Bâle, 1748.

multipliant la hauteur manométrique, non plus par la surface intérieure du ventricule, mais par l'aire de l'orifice aortique. La force *statique*, obtenue dans ces conditions, n'exprime plus la force totale déployée par le cœur, mais seulement la quantité de mouvement qui s'exerce à travers l'orifice aortique, et qui est réellement utile à la propulsion du sang; il la trouve égale à 1^{kil},971. Poiseuille supposait, en outre, que la pression moyenne dans les artères est partout la même: nous reviendrons plus tard sur cette supposition, reconnue inadmissible par d'autres expérimentateurs.

Si l'on passe en revue les résultats si divergents obtenus jusqu'ici dans les recherches de la force absolue du cœur et de sa représentation numérique, on voit que la solution définitive du problème est encore très éloignée : bien des éléments manquent en effet pour évaluer la force de cet organe. Dans la circulation sanguine, comme dans toutes les autres fonctions, les évaluations numériques et les valeurs absolues des forces sont d'autant moins saisissables que ces forces varient non-seulement d'un sujet à un autre, mais aussi d'une époque de la vie à une autre pour chacun.

Il est permis de blâmer la comparaison faite par Borelli entre la force de chaque élément musculaire du deltoïde et celle des éléments musculaires appartenant au cœur, puisque le cœur et le deltoïde ne sont pas des muscles de même ordre. Mais, un cœur étant donné, il est parfaitement légitime d'évaluer sa force d'après son développement musculaire, c'est-à-dire d'après l'épaisseur de ses parois. L'observation, au sujet de l'hypertrophie physiologique du tissu musculaire, nous apprend que, dans tous les cas où l'effort qu'un muscle doit accomplir est augmenté, ce muscle croît en volume et acquiert une force plus grande. Or, des faits nombreux d'anatomie pathologique sont venus démontrer que cette remarque s'applique également au cœur, et que les parois d'une de ses cavités, quelle qu'elle soit, acquièrent une grande épaisseur si cette cavité éprouve, pour se vider, une résistance inaccoutumée. Ces différences anatomiques permettent donc de conclure que le cœur gauche, dont les parois sont généralement les plus épaisses, a plus de force que le cœur droit, et que, sur des sujets différents, la moitié cardiaque dont les parois ventriculaires offrent le plus d'épaisseur devait avoir, durant la vie, une force systolique plus grande que l'autre moitié. Mais ce sont là des évaluations purement relatives, et desquelles on ne saurait, dans aucun cas, déduire la valeur numérique de la force du cœur.

III. *Causes de la dilatation des cavités du cœur.* — La plupart des physiologistes ont l'habitude de comparer le cœur, au point de vue de son mécanisme, à une pompe foulante ; quelques-uns croient néanmoins devoir l'assimiler à une pompe à la fois aspirante et foulante, c'est-à-dire qu'ils admettent que le cœur se remplit par un effort de dilatation qui appelle le sang dans ses cavités.

Cet appel du sang, bien moins énergique que l'effort systolique, a été expliqué de diverses manières : pour les uns, il résulte de l'*élasticité* même des parois cardiaques, qui, resserrées pendant la systole, tendent à revenir à un état moyen, semblables en cela à ces ventouses de caoutchouc que l'on presse entre les doigts, et qui, relâchées ensuite, font le vide au-dessous d'elles en reprenant leur forme; pour d'autres, le principal rôle aspirateur est produit par la tendance au vide que produit dans le thorax la rétractilité du poumon.

L'élasticité musculaire peut-elle ramener le cœur, après la systole, à une capacité plus grande? Lorsqu'on coupe transversalement le cœur d'un cadavre, on voit que la cavité du ventricule n'est pas effacée complétement, et que, si l'on comprime cette cavité, elle reprend son diamètre après qu'on a cessé la compression. D'après Beau (1), cette réaction des parois ventriculaires n'existerait pas pendant la vie; elle ne serait, pour le cœur mort, qu'un effet de la rigidité cadavérique. Des expériences, instituées par Johnson (2), Chassaignac (3) et Fink (4), ont conduit leurs auteurs à la conclusion inverse: ils ont pu voir le cœur, au moment même où l'on vient de l'arracher de la poitrine d'un animal, aspirer par ses diastoles l'eau d'un vase dans lequel on le plaçait, et l'expulser par ses systoles tant que sa contractilité n'était pas éteinte. Dans l'instant où le cœur venait de cesser ses contractions, Fink a remplacé la systole par une pression de l'organe entre les mains, et il a constaté que, sous l'eau, la réplétion diastolique continuait toujours. On conçoit, du reste, que la réplétion du cœur se fasse, à l'état normal, avec une grande facilité, par suite du peu de résistance que le sang éprouve à l'abord de cet organe; mais il n'y a pas moins lieu d'admettre une *action aspiratrice* due à l'élasticité des parois cardiaques, et surtout secondée par une action analogue des poumons.

Nous avons vu, à propos de la respiration, que la force rétractile des poumons tend à former, dans la poitrine, un vide qui se traduit par l'accélération du sang veineux au voisinage de cette cavité. Comme le cœur se trouve précisément au milieu de ce vide virtuel, il doit être évidemment, de même que les veines du cou, le siége d'une aspiration du sang. Mais cette force d'appel n'a d'effet que sur le cœur droit; elle n'en a pas sur le cœur gauche, attendu que les veines pulmonaires qui s'y vident sont soumises à la même diminution de pression que l'oreillette gauche où elles aboutissent. Ajoutons que l'abaissement de la pression atmosphérique, dans le thorax, varie suivant un grand nombre de circonstances, et que le vide virtuel qui en résulte est plus grand pendant l'inspiration que pendant l'expiration, et surtout l'effort.

En somme, les deux forces aspiratrices, dérivées l'une de l'élasticité des parois cardiaques, et l'autre de la rétractilité pulmonaire, ne jouent dans la *diastole du cœur* qu'un rôle accessoire : la seconde, par exemple, peut être entièrement supprimée par l'ouverture du thorax sans que le cœur cesse de fonctionner, si l'on a soin de pratiquer la respiration artificielle.

A propos de la circulation veineuse, nous dirons bientôt quelle est la force qui préside au cours centripète du sang, et quel rôle cette force, qui provient de sources multiples, joue dans la réplétion du cœur.

Quant aux *causes de la contraction des cavités du cœur*, elles ont été déjà étudiées précédemment (p. 768 et suiv.).

(1) *Traité expérimental et clinique d'auscultation*, 1856, p. 254.

(2) *Some Observations Relating to the Power of Circulation* (*Trans. of the Medico-Chir. Soc.*, 1823, t. XII, p. 191).

(3) Voy. Hérard, *Des signes stéthoscopiques du rétrécissement de l'orifice auriculo-ventriculaire* (*Arch. gén. de méd.*, 1854, t. III, p. 191).

(4) *Bemerkungen über einige Versuche zur Erläuterung der Mechanik des Herzens* (Müller's *Arch. fur Anat. und Physiol.*, 1849, p. 283).

Signes extérieurs des mouvements du cœur.

Lorsqu'on applique l'oreille sur la poitrine d'un individu sain, on entend *deux bruits* à la région précordiale. Ces deux bruits se reproduisent à chaque révolution du cœur, comme on peut s'en assurer en tâtant à la fois le pouls artériel et en auscultant cet organe. Pendant que l'oreille perçoit le premier bruit (le plus fort, ou au moins le plus grave des deux), on sent un *choc* qui ébranle plus ou moins les parois thoraciques. Le second bruit, qui est plus clair et plus bref, ne s'accompagne d'aucun ébranlement de ces parois.

On a donné le nom de *premier bruit* à celui qui coïncide avec le *choc*, parce que, dans la succession des temps qui constituent une révolution cardiaque, c'est lui qui en effet se produit le premier. Si, faisant abstraction du choc, on écoute les deux bruits en un point du thorax assez distant du cœur, on peut encore, le plus souvent, distinguer le premier du second en comparant les intervalles qui les séparent l'un de l'autre : le temps qui s'écoule entre le premier et le *second bruit* est en général beaucoup plus court que celui qui sépare ce second bruit du premier appartenant à la révolution suivante du cœur. Mais il ne faut pas, dans la pratique médicale, attacher une trop grande importance à ces intervalles; car leur durée respective est extrêmement variable, et, en l'absence du choc, mieux vaudrait, pour distinguer les deux bruits, s'en rapporter aux différences de *timbre* qu'à la durée des intervalles.

Un grand nombre d'essais ont été faits pour représenter le rhythme des bruits du cœur par une notation musicale, et la diversité même des notations proposées indique qu'il n'existe pas un type unique pour le rhythme de cet organe. Tout au plus est-il permis de dire, avec Chauveau et Faivre (1), que, chez l'homme à l'état sain, les bruits du cœur pourraient se noter par une mesure à trois temps.

Les deux bruits peuvent aussi se distinguer par leur *différence de siége :* quoiqu'on puisse quelquefois les entendre de points assez éloignés de la région précordiale, on n'en doit pas moins poser, en règle générale, que le premier bruit (*bruit sourd*) a son maximum d'intensité au niveau de la pointe du cœur, c'est-à-dire un peu au-dessous et en dehors du mamelon gauche, vers le cinquième espace intercostal; tandis que le second (*bruit clair*) siége plus haut, au niveau de la troisième côte et près du bord gauche du sternum.

Tels sont les seuls signes qui, chez l'homme sain, révèlent l'existence des mouvements du cœur. Déjà reconnus par Harvey, ces signes ont été longtemps négligés comme un accessoire inutile de l'action du cœur. Mais, depuis Laennec, la sémiologie médicale s'en est emparée et a demandé à la physiologie l'explication de la production de ces bruits et de ceux qui surviennent anormalement dans les affections organiques du cœur. Aussi aurons-nous à faire plus loin l'examen des *bruits cardiaques*. Nous aurons également à revenir sur le *choc du cœur*, en parlant de la succession des mouvements propres à cet organe.

Succession des mouvements du cœur.

Depuis le moment où les exigences de la pathologie ont dirigé l'attention vers l'étude des *mouvements et des bruits du cœur*, on a vu se succéder une série de

(1) *Nouvelles recherches expérimentales sur les mouvements et les bruits du cœur* (*Gaz. méd. de Paris*, 1856, p. 409).

théories si diverses, d'opinions si contradictoires, qu'on s'arrêtait découragé en présence de pareilles dissidences, également incapable de se faire une conviction et de charger sa mémoire de cet inutile encombrement. Heureusement les progrès de l'expérimentation physiologique ont permis, dans ces derniers temps, de donner des démonstrations si nettes, qu'enfin la science semble fixée au moins sur les points les plus essentiels.

Nous exposerons tout d'abord la théorie qui résulte des expériences les plus concluantes à nos yeux, et nous reléguerons dans un simple aperçu historique les autres opinions qui ne paraissent pas s'accorder avec les faits rigoureusement observés.

G. Harvey a consigné, dans un de ses principaux écrits (1), la première observation attentivement faite des mouvements du cœur, observation d'autant plus curieuse qu'elle eut pour sujet un homme, le vicomte de Montgomery, dont le cœur avait été mis à nu par accident. Harvey constata d'abord que cet organe n'est pas sensible au toucher, et aussi qu'il se meut alternativement en arrière et en avant, l'*impulsion contre la paroi thoracique ayant lieu pendant la systole ventriculaire.*

Ce dernier point a pu être vérifié par d'autres observateurs sur des nouveau-nés atteints d'ectopie du cœur ; et comme nous venons de voir que le choc du cœur correspond au premier bruit, il est déjà bien acquis que la *contraction ventriculaire*, le *choc* et le *premier bruit sont synchrones*, ce qui nous suffira ultérieurement pour éliminer un assez grand nombre de théories.

Mais c'est surtout en ayant recours à des animaux, qu'on a cherché à éclairer la question de la succession des mouvements du cœur : si l'on est arrivé à découvrir la vérité, ce n'est qu'en passant par une série d'erreurs et d'illusions, produites le plus souvent par les troubles inséparables des vivisections en général. Ainsi, quand on ouvre le thorax d'un mammifère, la respiration s'arrête par suite de l'entrée de l'air dans la cavité pleurale et de l'affaissement des poumons, dû à leur élasticité ; alors le cœur ne présente plus que des battements désordonnés, et l'animal meurt asphyxié. Prend-on des oiseaux pour sujets d'expériences, la respiration, il est vrai, n'est plus immédiatement compromise par l'opération, mais la fréquence des battements du cœur est telle, que l'œil ne peut en suivre les détails; même chez les oiseaux très vieux, dont le cœur bat moins vite, l'étude de ses mouvements est encore à peu près impossible. Aussi la plupart des observateurs se sont-ils adressés surtout aux animaux inférieurs, qui supportent si bien les mutilations : des grenouilles, des crapauds, des salamandres, des anguilles, etc., ont servi à leurs expériences. Mais, en choisissant ces animaux, on s'est privé tout d'abord de détails dont l'étude est très importante : ici les bruits cardiaques n'étant pas perceptibles, il ne reste donc à observer que la succession des mouvements de diastole et de systole dans les portions auriculaire et ventriculaire du cœur, et rien ne prouve que, chez ces animaux, la durée relative de ces mouvements soit la même que chez les mammifères.

Un notable progrès dans l'expérimentation fut réalisé par les médecins des comités anglais (2). Les mouvements du cœur furent étudiés sur de grands animaux (veau, âne) dont on avait éteint la sensibilité en les empoisonnant par le *curare*. De plus,

(1) *Exercitationes de generatione animalium*, exercit. 51, p. 156. Londres, 1651.
(2) *Report of the British Associat.*, 1835, p. 244.

on pratiquait la respiration artificielle pour entretenir la vie, et dès lors l'ouverture du thorax n'amenait plus de désordres graves dans les mouvements du cœur.

En employant des procédés analogues, Chauveau et Faivre ont réussi à donner récemment les démonstrations les plus habilement conçues et les plus satisfaisantes d'une théorie qui, déjà émise, sauf quelques différences, par le comité des médecins anglais, manquait pourtant de preuves assez solides pour résister aux attaques dirigées contre elle. Ces deux physiologistes choisirent le cheval comme sujet d'expériences : la rareté des battements du cœur, chez cet animal (40 par minute), donne plus de temps pour l'étude de chacun, ce qui est déjà une circonstance favorable ; puis le volume de l'organe permet de localiser plus facilement les observations sur tel ou tel point, et même d'introduire le doigt dans les cavités pour surprendre le jeu des valvules, le frémissement des courants sanguins, le siége des bruits que l'expérimentateur modifie, arrête et fait reparaître à son gré.

Il fallait aussi se mettre à l'abri des deux influences qui compromettent le plus l'accomplissement régulier des battements du cœur dans les vivisections : la douleur et l'asphyxie. Ce but a été atteint à l'aide du procédé expérimental que Chauveau et Faivre ont mis en usage : la moelle épinière étant coupée entre l'atlas et l'axis, et la vie étant entretenue au moyen de la respiration artificielle, ils ont pu opérer sur le cheval dans les conditions de la plus complète insensibilité, et, grâce à l'insufflation pulmonaire, voir la circulation s'effectuer avec une grande régularité, sans que les cavités droites du cœur se soient aucunement engorgées. L'engorgement de ces cavités est au contraire inévitable, quand la circulation pulmonaire est entravée par l'affaissement du poumon, à la suite de l'ouverture du thorax sans respiration artificielle.

L'animal étant placé dans les conditions précédentes, on met le cœur à nu par la résection des côtes et l'excision du péricarde : dès lors on a sous les yeux des battements réguliers et offrant une fréquence assez peu considérable pour qu'on ait le temps de suivre la succession des mouvements. Il est d'ailleurs facile de constater le moment de la contraction de chaque ordre de cavités du cœur ; ce moment étant marqué par un changement de forme de la cavité qui devient plus globuleuse, par la formation de rides perpendiculaires à la direction des fibres musculaires, et surtout par un durcissement de la paroi sous le doigt qui la déprime.

a.— Instant de la contraction des différentes cavités du cœur. — On voit tout d'abord que les deux cœurs se contractent ensemble, et qu'ainsi la solidarité, que l'anatomie avait fait pressentir en montrant des fibres communes aux deux oreillettes comme aux deux ventricules, se retrouve dans le jeu de ces parties. Pour constater le fait, on n'a qu'à saisir entre ses doigts les deux appendices auriculaires en même temps, et l'on sent que tous deux ensemble se durcissent et se relâchent, le durcissement correspondant à la contraction. En saisissant de la même manière la partie ventriculaire, on sent aussi que les deux ventricules se durcissent et se relâchent simultanément. Ces premiers résultats de l'expérimentation ne sauraient laisser le moindre doute.

Il reste à savoir comment se succèdent les contractions de l'oreillette et celles du ventricule. Quand on saisit, d'une main, une oreillette et qu'on appuie l'autre main sur un ventricule, on constate nettement, si les battements du cœur ne sont pas

trop précipités, que l'*oreillette se contracte avec le durcissement du ventricule*, et qu'ainsi ce durcissement n'est pas dû à la plus grande réplétion du ventricule par la systole de l'oreillette ; s'il en était autrement, ces deux phénomènes seraient simultanés. On constate encore que, quand le ventricule durcit, il *se contracte*, comme l'attestent le relief plus accusé de ses fibres musculaires, le plissement du feuillet viscéral du péricarde perpendiculairement aux fibres du cœur, le changement de forme de la masse ventriculaire qui, affaissée sur le plancher diaphragmatique, se soulève en devenant globuleuse par l'effet de sa contraction. Enfin, les artères cardiaques, recevant le sang chassé par le ventricule, augmentent de volume et forment un relief très accusé. Si, pendant ce temps, le doigt explore le pouls sur l'aorte ou sur l'artère pulmonaire, on observe une parfaite simultanéité entre la pulsation et les phénomènes précédents qui accompagnent la systole ventriculaire.

Quelques auteurs ont décrit la contraction du cœur comme une sorte de mouvement vermiculaire, commençant à l'oreillette pour arriver au ventricule. Harvey avait comparé cette succession descendante de la contraction des fibres musculaires du cœur à celle qu'on observe dans les muscles du pharynx pendant la déglutition. Pour donner plus d'exactitude à cette comparaison, il faudrait ajouter qu'il existe un temps d'arrêt entre la contraction de l'oreillette et celle du ventricule. Ce léger intervalle n'est pas perceptible chez tous les animaux, et c'est ce qui a donné lieu à l'erreur qui consiste à croire que le durcissement du ventricule est l'effet de la systole de l'oreillette, qu'il correspond par conséquent à la diastole ventriculaire (1). Cette erreur est évidente pour quiconque a observé un intervalle entre la contraction de l'oreillette et le durcissement du ventricule. Très manifeste, chez le cheval, cet intervalle se raccourcit tellement chez les animaux qui ont les battements du cœur plus rapides, qu'il devient insaisissable avec les moyens actuels d'exploration.

Pendant la contraction du ventricule, l'oreillette a déjà, en général, terminé la sienne et est redevenue molle au toucher. Le ventricule, lorsqu'il s'est vidé (ce qui est plus ou moins rapide suivant certaines résistances qui seront indiquées plus loin), se relâche à son tour, redevient flasque et mou au toucher, et le sang arrive à son intérieur en coulant de l'oreillette déjà remplie. Enfin, l'oreillette se contracte de nouveau, achevant de remplir le ventricule, mais sans que cet afflux complémentaire amène de grands changements dans le volume et la dureté du ventricule. Celui-ci se contracte à son tour, et ainsi de suite.

Les conclusions que l'on peut déjà tirer de ces premiers faits sont les suivantes :

1° Les deux oreillettes se contractent ensemble ; il en est de même des deux ventricules.

2° La contraction de l'oreillette est séparée de celle du ventricule par un léger intervalle.

3° Après sa contraction, le ventricule se relâche, et, l'oreillette étant relâchée aussi, le cœur est momentanément dans un repos général pendant lequel il s'emplit lentement par l'arrivée du sang veineux.

b.—Déplacements et choc du cœur.—Le cœur, glissant avec une extrême facilité dans la cavité séreuse du péricarde, est le siége de mouvements nombreux et

(1) BEAU, *Arch. gén. de méd.*, 2e série, t. IX, p. 389.

complexes : les uns, portant sur la totalité de l'organe, lui sont communiqués par la pesanteur ou par les déplacements du plancher diaphragmatique pendant la respiration ; les autres sont liés à l'état de contraction ou de repos des cavités. Ces derniers sont les plus importants.

Dans la pratique de l'auscultation, on constate facilement que, suivant la position du sujet, le cœur vient exécuter ses battements plus ou moins près de la paroi thoracique. Si le sujet dont on explore le cœur se couche sur le côté gauche, on sent au mieux les battements, en glissant la main sous le thorax, un peu au-dessous et en dehors du mamelon gauche ; si, étant assis, le patient se penche, un peu à gauche, l'oreille de l'observateur appliquée à la région cardiaque, perçoit les bruits du cœur avec une grande netteté. Qu'il se penche en sens inverse, son cœur, glissant en arrière, abandonnera les parois costales contre lesquelles il était appliqué tout à l'heure, et, par suite de ce changement de position, le choc et les bruits perdront un peu de leur intensité.

Des effets analogues sont produits par les mouvements respiratoires, et se traduisent toujours par un simple déplacement des *maxima* d'intensité des bruits et du choc du cœur, soit que le soulèvement du diaphragme élève la pointe du cœur pendant l'expiration, soit que l'ampliation du poumon, interposant une lamelle plus épaisse du tissu pulmonaire (mauvais conducteur du son) entre le cœur et l'oreille, rende les bruits moins éclatants : il n'y a jamais, dans tous ces cas, que des modifications dans le siége et l'intensité du choc et des bruits, qui restent inaltérés dans leurs rapports de succession et de durée.

Des mouvements du cœur qui sont liés à la contraction et au relâchement des oreillettes et des ventricules, le plus important de tous est celui par lequel le cœur vient ébranler la paroi thoracique : bien appréciable dans l'exploration clinique, il sert en effet de point de repère pour déterminer l'instant de la production des autres.

Harvey (1), nous l'avons dit, eut le premier occasion de reconnaître, sur l'homme, ce mouvement de propulsion du cœur, à l'aide duquel se produit le *choc précordial*, et il vit aussi que ce choc coïncide avec la systole ventriculaire. Haller confirma la remarque de G. Harvey par de nombreuses expériences, et dès lors ce fait fut admis comme un des mieux démontrés. C'est seulement dans ces dernières années que l'opinion générale trouva une formelle opposition dans une théorie soutenue par Corrigan (2), Beau (3), Burdach (4), etc.

Le choc du cœur, d'après Beau, est produit par la diastole du ventricule, au moment où ce dernier est rempli par la contraction de l'oreillette ; et si Harvey, comme tous ceux qui l'ont suivi, a attribué ce choc à la systole ventriculaire, c'est que le temps qui sépare la diastole du ventricule de sa systole est si court, qu'il a passé complétement inaperçu. — A cela l'expérimentation répond que, si, chez le cheval placé dans les conditions précédemment indiquées, on saisit d'une main une oreillette pendant que l'autre repose sur le ventricule, on peut se convaincre qu'il existe un intervalle très appréciable entre le moment de la contraction de l'oreillette et le soulèvement violent du ventricule qui produit le choc ; que, par

(1) *Loc. cit.*
(2) *On the Motions and Sounds of the Heart* (*Dublin Med. Trans.*, new Series, t. VIII, 1830).
(3) *Arch. gén. de méd.*, 2e série, t. IX, p. 394.
(4) *Traité de physiologie*, t. VI, p. 234, trad. franç. de Jourdan.

conséquent, ce dernier phénomène ne peut être l'effet de la contraction de l'oreillett dont l'énergie est d'ailleurs tout à fait insuffisante pour déterminer ce bondisse ment violent du cœur sous la main qui le presse. On verra en outre, à propos d l'étude des bruits, que le premier bruit coïncide exactement avec la systole d ventricule, et que, de plus, il est synchrone avec le choc du cœur, ce qui est un preuve évidente que le *choc du cœur est systolique* lui-même.

Quelle est la cause immédiate du *choc du cœur?* — Pour répondre à cette ques tion, il faut bien se représenter tout d'abord les deux états des cavités ventricu laires, suivant qu'elles sont en repos ou en contraction. Pendant le repos, le cœu est mou, facilement dépressible sous le doigt; s'il repose sur un plan, il s'y étal par l'effet de la pesanteur et perd en diamètre vertical ou antéro-postérieur (*) c qu'il gagne en largeur. Lors de sa contraction, il passe subitement à la form globuleuse, et quoique son volume absolu diminue nécessairement dès qu'il s'es échappé du sang de son intérieur, le précédent diamètre vertical a notablemen augmenté. Si l'on déprime le cœur avec le doigt pendant qu'il est en diastole, o sent, au moment de la contraction, que le doigt est énergiquement soulevé, et l fossette que la pression avait produite est remplacée par une rotondité complèt Si l'on repousse en haut la pointe du cœur, de manière à l'invaginer légèremen dans la cavité du ventricule pendant la diastole, cette pointe est énergiquemen repoussée au dehors lors de la systole. Enfin les membres du comité de Dublin (1 expérimentant sur de grands mammifères, ont parfaitement vu aussi que le cœu saisi entre les doigts, peut être facilement comprimé pendant sa diastole, et qu'a contraire, pendant sa systole, il écarte brusquement et fortement les doigts qui l pressent.

Les médecins du comité de Londres (2) ont observé, sur de grands mammifère qu'en chargeant d'un poids (1 kilogr. environ) un cylindre qu'on appliquait sur l ventricules, ce cylindre déprimait la paroi pendant l'état de dilatation, mais éta soulevé pendant celui de contraction. Il y a donc manifestement une tendanc puissante du cœur à prendre, au moment de sa contraction, une forme définie, e vertu d'un mouvement brusque qui s'arrête soudainement dès que cette forme e atteinte. Cet arrêt est inséparable d'un ébranlement qui constitue ce qu'on appell le *choc*. Ce n'est pourtant pas là un choc véritable, car le cœur n'est pas éloigné d la paroi costale pendant la diastole, et ne vient pas heurter contre elle au momen de la systole : les mouvements de totalité d cœur sont des glissements qui se font sans qu le contact cesse. Si l'on voulait comparer l choc du cœur à un phénomène vulgaire qui e donnât une idée approximative, ce ne serait pa à la percussion d'un marteau qui rencontre u corps qu'il faudrait l'assimiler, mais à cett sorte d'ébranlement qui accompagne l'exten sion d'une courroie dont on tire brusquemen en sens inverse les deux extrémités.

Fig. 13.

Que l'on imagine (fig. 13) une coupe des ventricules perpendiculaire à leu

(*) Ce diamètre est pris sur un cœur horizontalement couché.

(1) *Report of the British Associat.*, 1835, p. 244.

(2) *Report on the Motions and Sounds of the Heart* (*Brit. Assoc.*, Glascow, 1840, p. 180 et suiv.

axe. Cette coupe, pendant le relâchement du cœur, figure une ellipse, puisque nous avons dit que le cœur, à ce moment, s'aplatit sur le plan diaphragmatique. Que le cœur se contracte, il passe soudainement à la forme globuleuse, comme cela a été expérimentalement constaté : la coupe devient alors circulaire, ainsi qu'on le voit dans la figure ci-jointe, et le diamètre vertical s'agrandit. Or, pendant tout le temps où le raccourcissement des fibres du cœur n'a été employé qu'à produire ce changement de forme, la contraction n'a éprouvé que des résistances insignifiantes et s'est opérée avec rapidité; mais, dès que la forme globuleuse est atteinte, les fibres ne peuvent plus se raccourcir sans que le sang s'échappe du ventricule, ce qui nécessite un effort considérable. C'est précisément à ce moment qu'ont lieu le temps d'arrêt, l'apparition d'un obstacle subit à la contraction ventriculaire, et l'ébranlement qui en est la conséquence.

Il est fort difficile de bien exposer, dans une description, ce phénomène sans analogue même dans les expériences physiques; car, nulle part ailleurs que dans le cœur des animaux, on ne peut trouver une poche logeant un liquide, et qui, large et flasque d'abord, se resserre spontanément et soudainement sur son contenu. Mais lorsqu'on a senti dans sa main la contraction des ventricules qui entrent en systole, on se rend facilement compte de ce qui se passe.

Cette *théorie du choc du cœur* est à peu près celle qu'en ont donnée Chauveau et Faivre (1), qui la formulent ainsi : « La cause du choc réside dans le change-» ment de forme et de consistance des ventricules, quand ceux-ci passent de la » diastole à la systole, et dans l'instantanéité de cette transformation. »

Avant de quitter ce sujet, nous croyons devoir rappeler un argument que Beau a donné à l'appui de sa *théorie du choc diastolique*, et qui doit être combattu comme un des plus spécieux : si l'on ouvre l'une des oreillettes, on modifie aussitôt la direction du mouvement exécuté par la pointe du cœur; celle-ci ne se porte plus en avant, mais est déviée du côté opposé à l'oreillette restée intacte. — Dans la théorie de Beau, tout ici s'explique très bien ; car, dans l'intégrité des deux oreillettes, la direction rectiligne de la pointe du cœur résulte de la combinaison des deux impulsions obliques des oreillettes. Que l'une d'elles cesse d'envoyer du sang, le cœur sera obliquement dirigé par l'oreillette qui fonctionnera seule. Nous insistons sur cet argument, parce que dans la démonstration expérimentale il est très saisissant, et, au premier abord, semble imposer la théorie de Beau. Mais si l'on réfléchit, comme le fait judicieusement observer Milne Edwards (2), qu'on a changé la direction du plan de la base du cœur, et que par suite l'axe de figure de l'organe a dû s'incliner du côté lésé, on verra que le phénomène s'explique de lui-même, sans qu'on soit obligé d'admettre une théorie qui, du reste, tombe d'elle-même devant ce grand fait, « qu'il existe entre le choc du cœur et la systole de l'oreillette un intervalle de temps parfaitement démontrable». —Ajoutons, comme dernière preuve, que, chez les animaux languissants, on voit souvent les systoles de l'oreillette et celles du ventricule ne plus se correspondre pour la fréquence, et dans ces cas on a pu observer tantôt des systoles de l'oreillette seule, et il n'y avait pas de choc du cœur, tantôt des systoles du ventricule seul, et le cœur offrait son choc habituel, malgré le repos complet des oreillettes (3).

(1) *Gazette médicale de Paris*, 1856, p. 570.
(2) *Ouvr. cit.*, t. IV, p. 17.
(3) Hope, *Treatise on Diseases of the Heart*, p. 33.

Il nous faudra mentionner d'autres opinions relatives à la cause du choc du cœur, en parlant tout à l'heure des autres mouvements de totalité exécutés par cet organe pendant ses alternatives de contraction et de relâchement ; mais nous reconnaîtrons alors qu'aucune de ces autres influences mécaniques qu'on a invoquées n'est suffisante pour produire cette forte impulsion que nous avons vue se traduire par le soulèvement de poids considérables.

c. — Changements des diamètres du cœur pendant la systole et la diastole. — Galien (1) croyait à un allongement du cœur pendant la systole, et Vésale partagea cette erreur. Mais Harvey (2), Lancisi (3), Haller (4), avec d'autres physiologistes des XVII^e^ et XVIII^e^ siècles, établirent définitivement que le cœur est en réalité plus court pendant la systole, et que, si le contraire semble parfois exister, l'illusion tient à son changement de forme : la prédominance du raccourcissement transversal lui donnant un aspect plus effilé. — Des mesures prises au compas par la commission de Dublin (5) ont aussi montré un raccourcissement pendant la systole ventriculaire.

Ludwig (6), mesurant les différents diamètres du cœur sur le chat, après avoir placé au-dessous de l'organe un plan résistant sur lequel l'organe s'affaissait pendant la diastole, conclut que la tendance naturelle du cœur est d'affecter, au moment de la systole, une forme globuleuse dont la section à la base du cœur serait circulaire, tandis que, pendant le repos de l'organe, l'affaissement produit par la pesanteur donnerait à cette section une forme elliptique (fig. 13).

Dans leurs expériences, Chauveau et Faivre virent que, lors de la contraction des oreillettes, il se produit une sorte de mouvement vermiculaire qui, parti des appendices auriculaires, se propage bientôt dans tout le reste des oreillettes : à ce moment, leur diamètre transverse est peu diminué, tandis qu'il y a au contraire un raccourcissement marqué de leur diamètre vertical. — Quant aux ventricules, ces deux expérimentateurs ont eu recours à la mensuration circulaire, afin de n'être pas exposés à prendre pour un resserrement réel cette diminution du diamètre transversal, accompagnée d'augmentation du diamètre antéro-postérieur, que nous avons montrée dans la figure 13. Ils ont pu voir que, pour la base du ventricule, le périmètre reste le même pendant la systole et pendant la diastole, et que, par conséquent, en ce point, le resserrement apparent est dû au changement de forme de l'organe. Quant à la partie inférieure du ventricule, celle qui se rapproche de la pointe, elle est le siége d'un resserrement réel : son périmètre diminue pendant la systole.

d. — Locomotion du cœur. — Comme les ventricules se raccourcissent pendant leur contraction, on devait s'attendre à rencontrer, à chaque systole ventriculaire, une élévation de la pointe du cœur qui se rapprocherait de la base ; et c'est en effet ce qui aurait lieu s'il n'y avait une descente de tout l'organe pendant cette systole. On peut s'assurer de l'existence de cette descente lorsqu'on examine la position du sillon transversal auriculo-ventriculaire ; à chaque systole du ventricule, ce sillon descend d'une manière évidente pour remonter pendant la diastole.

(1) *De l'utilité des parties*, trad. de Daremberg, t. I, p. 402.
(2) *Exercit. de motu cordis*, p. 23.
(3) *De motu cordis*, lib. I, sect. 2, ch. II, p. 124.
(4) *Elem. physiol.*, t. I, p. 389. Lausanne, 1757.
(5) *Report on the Motions of the Heart*. Dublin, 1835, p. 245.
(6) *Ueber den Bau und die Bevegungen der Herzventrikel* (*Zeitschrift für rationelle Medizin*, 1849, t. VII, p. 205 et suiv.).

A quoi est dû ce *recul du cœur?* Il est démontré que, quand un liquide s'échappe avec force du vase qui le contient, ce vase tend avec une force égale à se porter en sens inverse. C'est sur ce principe qu'est basée la construction du tourniquet hydraulique. C'est encore une cause analogue qui produit le recul des armes à feu. Plusieurs auteurs ont pensé que c'est dans la même influence qu'on doit chercher la cause du recul du cœur. O'Brian (1) émit le premier cette théorie. Assurément il est légitime de supposer que cette cause puisse contre-balancer l'influence du raccourcissement systolique des ventricules et amener l'immobilité de la pointe du cœur, comme l'ont constaté Chauveau et Faivre, et même produire, dans certains cas, une légère descente de cette pointe, comme cela a été vu par O'Brian (2) et Bamberger (3).

Dans ces dernières années, Hiffelsheim (4) alla plus loin : il vit, dans le recul du cœur, la cause du choc précordial et institua des expériences fort ingénieuses pour démontrer ce recul. Nous admettons cette cause comme une de celles qui déterminent les mouvements de totalité du cœur, mais nous la croyons insuffisante pour produire le choc si énergique de cet organe, auquel elle pourrait tout au plus contribuer comme force adjuvante.

Il est encore d'autres influences mécaniques auxquelles on a attribué la locomotion du cœur et presque toujours aussi son choc. Ainsi, d'après Senac (5), W. et J. Hunter (6), le redressement de la courbure de l'aorte porterait le cœur en avant à chaque systole. — La direction des fibres musculaires a été considérée aussi comme pouvant soulever, à chaque battement, la pointe du cœur (7), en même temps qu'elle amène une sorte de torsion de cette pointe (*) qui irait frapper la poitrine, etc. — Quand on réfléchit à la faiblesse de ces causes, et qu'on la compare à l'intensité de l'effet qu'on leur attribue, on est conduit, sinon à rejeter complétement l'intervention du recul du cœur, du redressement de l'aorte, de la direction des fibres des ventricules, etc., du moins à considérer toutes ces influences comme secondaires, agissant uniquement pour produire les déplacements du cœur et comme dépourvues conséquemment de l'importance si grande que leur ont attribuée divers physiologistes.

Bruits du cœur.

Si nous analysions toutes les opinions émises sur la cause des bruits du cœur, on verrait que c'est là le point le plus controversé de l'histoire de la circulation, sans doute parce que c'est celui qui offre aussi la plus grande importance pratique, et que, pressés par la nécessité d'avoir une théorie pour éclairer l'auscultation

(1) *Case of Partial Ectropia* (*American Journ. of Med. Sc.*, 1838, t. XXIII, p. 195).
(2) *Loc. cit.*
(3) *Beiträge zur Physiologie und Pathologie des Herzens* (*Arch. für pathol. Anat. und Physiol.*, 1856, t. IX, p. 328).
(4) *Mémoires de la Société de biologie*, 1855, p. 273. — *Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, 1855, t. XLI, p. 255. — *Ibid.*, 1856, t. XLIII, p. 715.
(5) *Traité de la structure du cœur*, 1777, t. I, p. 356.
(6) *OEuvres compl.* (*Traité de l'inflammation*), trad. franç. par Richelot.
(7) Borelli, *De motu animalium*, t. II, prop. LIII, p. 80. — H. Carlisle, *Brit. Associat.* Cambridge, 1833, p. 455. — Parchappe, *Du cœur, de sa structure et de ses mouvements*, p. 106. — P. Bérard, *Cours de physiol.* Paris, 1851, t. III, p. 629.

(*) A. Verneuil (*Rech. sur la locomotion du cœur*, thèse inaugur., Paris, 1852, n° 36, p. 47) attribue ce mouvement aux fibres unitives superficielles qui, nées de l'orifice auriculo-ventriculaire droit, descendent obliquement à gauche sur la face antérieure du cœur.

clinique, la plupart des observateurs ont voulu se faire une idée de la production de ces bruits, sans recourir à l'expérimentation d'ailleurs fort difficile sur ce sujet. — Fidèle à notre méthode d'exposition, nous donnerons tout d'abord les résultats des expériences les plus décisives, sauf à revenir sur quelques détails, et à indiquer, dans un court tableau historique de la question, la part qui revient à chaque auteur.

Sur le cheval, placé dans les mêmes conditions que pour l'étude des mouvements du cœur, on perçoit aisément les bruits au moyen du stéthoscope. Nous avons déjà dit quelle est la succession ordinaire des deux bruits qu'on entend alors: le *premier* est *sourd* et coïncide avec le choc du cœur ; le *second*, *plus clair*, arrive un instant après, au moment où tout le cœur est dans le relâchement ; puis il y a un silence, assez long en général par rapport à l'intervalle précédent, et le premier bruit recommence avec la révolution suivante du cœur.

Puisque le premier bruit coïncide avec le choc du ventricule, nous savons déjà que c'est un bruit systolique, et il est facile d'en acquérir la certitude comme on l'a fait pour le choc. Il suffit, en effet, pendant qu'on ausculte le cœur, mis à nu chez un grand mammifère (cheval), de tenir d'une main une oreillette, tandis que, de l'autre, on appuie sur le ventricule : on constate alors que l'oreillette se contracte silencieusement, et que le durcissement du ventricule coïncide avec le premier bruit.

Cette première conviction une fois acquise, il s'agit de chercher *le lieu où les bruits du cœur ont leur maximum d'intensité*. En promenant le stéthoscope sur les différents points du cœur mis à découvert, on reconnaît que le premier bruit s'entend presque également bien sur toute la partie ventriculaire, tandis que le second offre, comme points précis où il atteint sa plus grande force, la base du cœur ou le niveau des origines de l'aorte et de l'artère pulmonaire.

Enfin, il faut déterminer, parmi les actions complexes qui remplissent une révolution du cœur, laquelle donne naissance à chacun des deux bruits.

On peut tout de suite se rendre compte de la *cause du second bruit:* cette cause est la tension brusque des valvules sigmoïdes de l'aorte et de l'artère pulmonaire pendant le relâchement du ventricule, et sous l'effort du sang artériel refoulé par la réaction élastique de l'aorte et de l'artère pulmonaire.

Les preuves abondent à l'appui de cette théorie. En voici quelques-unes qui seront suffisantes pour faire reconnaître toute sa validité: — Si l'on empêche les mouvements valvulaires sur l'un de ces vaisseaux, en le pinçant à sa base, aussitôt on supprime le second bruit en ce point ; si l'on détruit les valvules des deux côtés, on peut complétement éteindre le second bruit. — Ce bruit disparaît encore lorsqu'on excise la pointe du cœur, et que le sang chassé par le ventricule, s'échappant complétement à l'extérieur, ne produit plus le soulèvement des valvules sigmoïdes, qui, par conséquent, n'ont plus à retomber ni à se tendre avec bruit. D'autre part, si l'on ouvre l'aorte et l'artère pulmonaire, de manière que le sang n'ait plus une forte tension dans ces vaisseaux, on supprime la chute brusque de ces valvules, et par suite le second bruit. — En appliquant le doigt sur l'origine de l'aorte ou de l'artère pulmonaire, on peut sentir en ce point, qui est précisément au niveau des valvules, un léger ébranlement qui coïncide avec le second bruit. — Dans leurs expériences, les médecins des comités anglais (1) soulevaient avec

(1) HOPE. *A Treatise on the Diseases of the Heart*, p. 37.

des tiges métalliques les valvules sigmoïdes, qu'ils tenaient appliquées contre les parois de l'artère, et, dans cette position des valvules, le second bruit disparaissait. Chauveau et Faivre (1) ont répété cette expérience au moyen d'une sorte de trocart à branches multiples logées dans une gaîne commune : après avoir plongé cet instrument, par l'aorte et l'artère pulmonaire, jusqu'au niveau des orifices correspondants du cœur, ils écartaient les branches en retirant la canule, et accolaient ainsi les valvules aux parois artérielles ; dès lors le second bruit était supprimé.

Nous croyons inutile de multiplier davantage les preuves de la production du second bruit par le claquement des valvules sigmoïdes. Il est possible, du reste, de se rendre compte, d'après les lois physiques, de la formation d'un tel son : on en obtient, en effet, de semblables par la tension d'une membrane sous l'effort d'une colonne liquide. On peut encore, comme l'a démontré Rouanet (2), en adaptant à un tube le tronçon initial d'une aorte munie de ses valvules, entendre un bruit se produire toutes les fois qu'un reflux de liquide fait brusquement claquer ces valvules en les fermant.

Il semble donc qu'aujourd'hui il n'y ait plus de doute possible sur l'exactitude de cette théorie du second bruit du cœur. Suivant Milne Edwards (3), Carswell aurait, le premier, donné cette explication, qui n'a été bien connue et vulgarisée que par les expériences de Rouanet.

La *cause du premier bruit* est plus difficile à déterminer que celle du second ; aussi serons-nous forcé de reproduire les principales opinions émises à cet égard, pour en arriver à conclure que le premier bruit du cœur est probablement complexe dans ses causes.

Puisqu'il est établi que le premier bruit coïncide avec la systole ventriculaire, il faut bien supposer qu'il se rattache soit à un, soit à plusieurs des phénomènes qui se passent dans le cœur à ce moment, et qui sont les suivants : le choc précordial, — l'écartement des valvules sigmoïdes, — le rapprochement ou l'occlusion des valvules auriculo-ventriculaires, — la contraction des fibres musculaires du ventricule.

Le choc du cœur contre le sternum était, pour Magendie (4), la cause du premier bruit : cet observateur disait avoir constaté, dans ses expériences, qu'en enlevant le sternum ou bien en interposant, entre le cœur et cette plaque osseuse, soit une couche d'étoupe, soit une certaine quantité d'eau à l'aide d'une injection dans le péricarde, il cessait d'entendre le premier bruit. Mais les expérimentateurs anglais (5) n'ont trouvé qu'une diminution d'intensité du son par l'interposition d'un corps mauvais conducteur, et non une suppression complète du premier bruit. Du reste, comme en auscultant, à l'aide du stéthoscope, le cœur mis à nu, on entend distinctement ce bruit chez un grand mammifère, et qu'il ne peut y avoir choc du cœur contre l'instrument, puisqu'il y a contact permanent entre les deux, il faut rejeter l'intervention du choc.

Nous ne dirons rien de l'écartement brusque des valvules sigmoïdes, comme

(1) *Gazette médicale de Paris*, 1856, n° 30, p. 458.
(2) *Analyse des bruits du cœur*, thèse inaug. Paris, 1832, n° 252.
(3) *Ouvr. cit.* Paris, 1859, t. IV, p. 43.
(4) *Des phénomènes physiques de la vie*, t. I, p. 235.
(5) *Report of the Dublin sub-Committee*, p. 246.

cause du premier bruit. Cruveilhier (1) a émis cette opinion, qui a été complétement réfutée par les expériences de la commission de Londres et aussi par celles d'autres observateurs.

Les valvules auriculo-ventriculaires, en se fermant pendant la systole des ventricules, ont été considérées par Rouanet comme produisant le premier bruit du cœur, de même que le claquement des valvules sigmoïdes de l'aorte et celui de l'artère pulmonaire produisent le second bruit. De nombreuses objections s'étaient élevées contre cette manière de voir, et la théorie du claquement valvulaire n'était plus guère admise que pour la production du second bruit, où elle est manifestement vraie. Tout récemment, Chauveau et Faivre (2) ont cherché à la relever. Dans leurs expériences, en ouvrant une oreillette et y introduisant le doigt jusqu'à l'une des valvules auriculo-ventriculaires, ils pouvaient constater l'instant exact où ces valvules se ferment, le doigt étant alors frappé par ces membranes tendues qui font relief dans la cavité de l'oreillette. Si en même temps ils auscultaient le cœur, ils percevaient le premier bruit au moment même de l'occlusion valvulaire. De là pour eux cette conséquence, que c'est le claquement des valvules auriculo-ventriculaires qui donne lieu au premier bruit. Ce fait n'est pas concluant, car le premier bruit et l'occlusion valvulaire étant des phénomènes systoliques, sont nécessairement simultanés sans être nécessairement reliés entre eux par des rapports de cause à effet. Ces expérimentateurs crurent se mettre à l'abri de tout reproche en montrant que la destruction des valvules auriculo-ventriculaires supprime le premier bruit, et qu'on le supprime également par la section des cordages tendineux qui fixent ces valvules. Il importe de faire observer qu'alors on a livré au sang une large voie de reflux dans l'oreillette, et qu'on a supprimé par conséquent ce *temps d'arrêt* dans la contraction du cœur, qui survient lorsque cet organe est arrivé à la forme globuleuse.

Or, c'est ce temps d'arrêt qui produit le choc du cœur ; c'est lui aussi qui donne lieu, en grande partie, au *premier bruit*. En effet, cet arrêt brusque, s'accompagnant d'une commotion, doit présenter aussi un de ces bruits *solidiens* dont la chute des valvules sigmoïdes nous a déjà fourni un exemple. De part et d'autre, il y a une sensation d'ébranlement perceptible au doigt et accompagnée de bruit, et néanmoins, dans le cas de l'abaissement des valvules sigmoïdes, il n'y a pas eu percussion, le liquide n'a pas cessé d'être au contact des valvules. Ce n'est pas tout : un muscle quelconque, pendant sa contraction, donne naissance à un bruit sourd qu'on a appelé *bruit rotatoire*, *bruit musculaire*. Il est évident, *à priori*, que, pour la contraction du ventricule, ce phénomène doit avoir lieu et contribuer pour sa part à la production du premier bruit. Les membres du comité de Londres admirent l'existence de cette cause, ajoutée à celle dont nous avons parlé plus haut, et qu'ils appelèrent *son intrinsèque* du cœur.

En résumé, le premier bruit du cœur est de la nature de ceux que Cagniard-Latour appelle *bruits solidiens* : il est intimement lié au phénomène décrit sous le nom de *choc du cœur*, et dépendant comme lui de l'arrêt brusque de la contraction des ventricules, lorsque ceux-ci sont arrivés à la forme globuleuse. Ce bruit, une fois produit, peut être prolongé et renforcé par le *bruit rotatoire* qui provient de la contraction musculaire ; mais cette dernière influence paraît devoir être bien faible.

(1) *Note sur les mouvements et les bruits du cœur* (*Gaz. méd. de Paris*, 1841, t. I, p. 497).
(2) *Rec. cit.*, p. 458.

Tableau résumant les théories émises sur les causes des bruits du cœur. — Nous pouvons maintenant faire une énumération rapide des différentes théories qui ont été proposées pour se rendre compte des bruits du cœur. En montrant ainsi quelles étranges idées physiologiques ont régné pendant longtemps sur ce point de la science, nous ne chercherons pas à combattre certaines assertions erronées qui ne soutiennent pas l'examen et se trouvent réfutées d'avance par les expériences que nous avons rapportées. C'est au *Traité d'auscultation* de Barth et Roger qu'est emprunté le tableau suivant qui résume les diverses opinions.

	1er BRUIT.	2e BRUIT.
LAENNEC.	Contraction ventriculaire.	Contraction auriculaire.
TURNER.	Contraction ventriculaire.	Choc du cœur retombant sur le péricarde pendant la diastole.
*CORRIGAN.	Choc du sang contre les parois ventriculaires, dans la diastole.	Choc réciproque de la surface interne des parois opposées des ventricules pendant la systole.
D'ESPINE.	Contraction ventriculaire.	Dilatation ventriculaire.
PIGEAUX (1832).	Choc du sang contre les parois ventriculaires, au moment de la diastole.	Choc du sang contre les parois de l'aorte et de l'artère pulmonaire, au moment de la systole.
* PIGEAUX (1839).	Frottement du sang contre les parois des ventricules, les orifices et les parois des gros vaisseaux, au moment de la systole.	Frottement du sang contre les parois des oreillettes, les orifices auriculo-ventriculaires et la cavité des ventricules, au moment de la diastole.
HOPE (1831).	Collision moléculaire du sang dans la systole.	Collision moléculaire du sang dans la diastole.
HOPE (1839).	Bruit de tension des valvules, bruit d'extension musculaire, bruit rotatoire dans la systole.	Claquement des valvules sigmoïdes dans la diastole.
ROUANET.	Claquement des valvules auriculo-ventriculaires dans la systole.	Claquement des valvules sigmoïdes dans la diastole.
* PIORRY.	Passage du sang dans les cavités du cœur gauche.	Passage du sang dans les cavités droites.
*PIÉDAGNEL.	Contraction du ventricule gauche.	Contraction du ventricule droit.
CARLISLE.	Irruption du sang dans les artères pendant la systole.	Claquement des valvules sigmoïdes dans la diastole.
MAGENDIE.	Choc de la pointe du cœur contre le thorax, au moment de la systole.	Choc de la face antérieure du cœur, au moment de la diastole.
* BURDACH.	Irruption du sang dans les ventricules contenant de l'air, au moment de la contraction des oreillettes.	Projection du sang dans les artères contenant de l'air, au moment de la systole.
BOUILLAUD.	Redressement brusque et choc des faces opposées des valvules auriculo-ventriculaires, et abaissement soudain des valvules sigmoïdes pendant la systole.	Redressement des valvules sigmoïdes et choc de leurs faces opposées, et abaissement soudain des valvules auriculo-ventriculaires, au moment de la diastole.
GENDRIN.	Vibrations résultantes de la collision du sang dans la systole.	Percussion du sang contre les parois ventriculaires, au moment de la diastole.
CRUVEILHIER.	Redressement brusque des valvules sigmoïdes par la systole.	Abaissement de ces valvules au moment de la diastole.

	1^er^ BRUIT.	2^e^ BRUIT.
SKODA.	1^er^ bruit ventriculaire : choc du sang contre les valvules auriculo-ventriculaires; impulsion de la pointe du cœur contre le thorax. 1^er^ bruit artériel : choc du sang contre les parois de l'aorte et de l'artère pulmonaire dans la systole.	2^e^ bruit ventriculaire : choc de la colonne sanguine contre les parois des ventricules, dans la diastole. 2^e^ bruit artériel : choc rétrograde de la colonne sanguine sur les valvules sigmoïdes.
BEAU.	Choc de l'ondée sanguine contre les parois des ventricules, dans la diastole ventriculaire.	Choc de la colonne sanguine, arrivant par les veines, contre les parois des oreillettes.
G. WILLIAMS.	Contraction musculaire des ventricules pendant la systole.	Choc en retour des colonnes sanguines contre les valvules sigmoïdes, pendant la diastole.
COMITÉ DE DUBLIN.	Frottement du sang sur les parois des ventricules, et contraction musculaire pendant la systole.	Tension des valvules semi-lunaires, et choc en retour des colonnes sanguines, pendant la diastole.
COMITÉ DE LONDRES (1836).	Tension musculaire soudaine des ventricules dans la systole et choc du cœur contre le thorax.	Occlusion brusque des valvules sigmoïdes par les colonnes sanguines artérielles.
COMITÉ DE PHILADELPHIE.	Contraction musculaire des ventricules et claquement des valvules auriculo-ventriculaires pendant la systole.	Occlusion des valvules sigmoïdes par le choc en retour des colonnes sanguines artérielles.

Il serait certainement indispensable, pour diagnostiquer exactement les affections organiques du cœur, d'avoir une théorie parfaite des mouvements de cet organe et des causes de ses bruits ; et l'on pourrait s'étonner, en présence de tant de dissidences, que les médecins qui se basaient sur de telles théories eussent pu porter des diagnostics même approximatifs. Il faut néanmoins remarquer que, dans la plupart des cas, la question capitale est de bien savoir, d'après l'auscultation, si un bruit est normal ou anormal, s'il appartient à la systole des ventricules ou à leur diastole. Or, la plupart des précédentes théories s'accordent à considérer le premier bruit comme coïncidant avec la systole ventriculaire, et le second avec la diastole ; il n'en faut défalquer que celles qui sont marquées d'un astérisque. — La théorie de Beau, admettant une succession extrêmement rapide entre la contraction de l'oreillette et celle des ventricules, de telle sorte que l'intervalle entre ces deux mouvements soit inappréciable sur l'homme, est à peu près aussi applicable que les autres au diagnostic de la plupart des affections du cœur.

Dans la pratique de l'auscultation, on a l'habitude de désigner les bruits anormaux, qui remplacent les bruits physiologiques, par les mots de *bruits de souffle* au premier temps ou au second temps, suivant qu'ils remplacent le premier ou le second bruit normal. Cette substitution du mot *temps* à celui de *bruit* n'a pour avantage que d'éviter une répétition malsonnante : on dit bruit de souffle au premier temps, et non *bruit de souffle à la place du premier bruit.* Sans vouloir combattre une façon de s'exprimer que l'usage semble avoir consacrée, nous ferons remarquer qu'il y a désaccord avec la succession réelle des mouvements du cœur ; car si, dans l'ordre d'énumération des mouvements de cet organe, on suit l'itinéraire du sang, on est bien forcé de mettre la réplétion du cœur avant le moment où il se vide.

Nous ne saurions mieux faire, pour donner une idée exacte des mouvements

coïncidant entre eux à chaque révolution du cœur, que de reproduire le tableau synoptique qu'en ont donné Chauveau et Faivre.

Dans ce tableau, le cercle le plus excentrique indique les *mouvements* de l'oreil

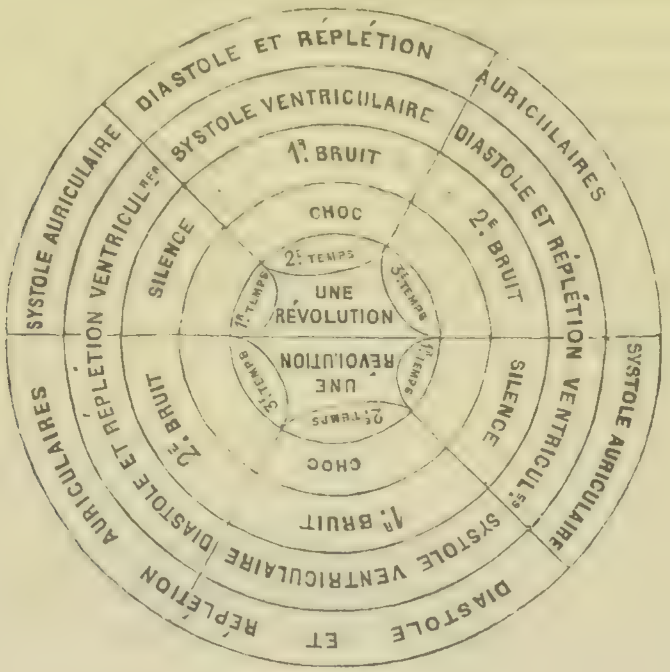


Fig. 14.

lette; le deuxième, ceux des ventricules; le troisième indique les *bruits*, et le quatrième le *choc*.

Les mouvements et les bruits notés dans un même segment sont des phénomènes simultanés.

Quant à la durée relative de chacun d'eux, les auteurs de ce tableau ont cherché à proportionner l'ouverture de l'angle qui contient chaque segment à la durée des phénomènes correspondants. Nous n'attachons que peu d'importance à ce point ; en effet, autant la succession des mouvements est régulière dans son ordre, autant elle l'est peu dans son rhythme.

Fréquence des battements du cœur.

La fréquence des battements du cœur constitue un des points les plus importants de la sémiotique de cet organe ; de plus, elle offre dans son étude un grand intérêt physiologique, puisqu'elle peut à elle seule indiquer l'état de la circulation dans l'ensemble de l'économie.

Les causes de la fréquence plus ou moins grande des battements du cœur ont d'abord été étudiées empiriquement ; mais, par suite de la multiplicité des influences qui peuvent modifier l'activité de cet organe, soit directement, soit indirectement, le mode d'action de la plupart d'entre elles reste encore inexpliqué. Pour apprécier le nombre des battements cardiaques, on peut simplement compter le pouls à l'aide d'une montre à secondes, puisque, chez l'homme sain, il y a toujours une pulsation artérielle correspondante à chaque systole ventriculaire. C'est là le moyen qui, une fois introduit dans la pratique médicale, n'a plus cessé d'être mis en usage par tous les observateurs.

Si l'on compare la fréquence du pouls aux *différents âges*, on voit que, d'une manière générale, les pulsations diminuent de nombre des premiers temps de la vie à l'âge adulte, pour reprendre ordinairement un peu de fréquence dans la vieillesse (Leuret et Mitivié). De nombreux tableaux ont été dressés à ce sujet par divers auteurs ; nous en extrairons seulement quelques moyennes.

136 pulsations durant les premiers jours de la naissance, 88 à cinq ou six ans, 78 de dix à quinze ans, 70 vers la vingtième année, telles sont les moyennes publiées par Quetelet (1).

Pendant la vie intra-utérine, le nombre des battements du cœur du fœtus se constate par l'auscultation à travers les parois abdominales de la mère. Ainsi on peut reconnaître que ces battements ont une grande fréquence : de 133 à 145 par minute. Voici les *moyennes* que donnent différents observateurs :

D'après Dubois (2).	144
Jacquemier (3).	133
Hohl (4).	138
Nægele (5).	135
Churchill (6).	136

Aussitôt après la naissance, la fréquence du pouls semble peu varier. On observe néanmoins une légère recrudescence à partir du troisième mois, et pendant la durée de la dentition ; depuis l'âge de deux ans, la décroissance du pouls devient assez régulière jusqu'à l'âge adulte.

Les chiffres de la fréquence *moyenne* du pouls, dans les premiers jours de la naissance, sont :

D'après J. Floyer (7).	134
Bryan-Robinson (8)	150
Haller (9).	140
Quetelet (10).	136

Volkmann (11) et Guy (12) ont donné des tableaux comparatifs de la fréquence du pouls suivant le *sexe*, aux différentes époques de la vie. Il résulte de ces tableaux que, pendant l'enfance, la fréquence diffère peu chez les deux sexes ; mais, à mesure que le sujet avance en âge, la fréquence devient plus grande chez la femme, et cela jusque dans la vieillesse la plus avancée.

Ce fut longtemps une opinion accréditée que le pouls des vieillards est plus lent que celui des jeunes sujets : Leuret et Mitivié (13), Dechambre et Hourmann (14)

(1) *Sur l'homme et le développement physique de ses facultés.* Bruxelles, 1835, t. II.
(2) *Archives gén. de méd.*, 1831, t. XXVII, p. 465.
(3) *De l'auscultation appliquée au système vasculaire des femmes enceintes et du fœtus*, thèse inaug., n° 466. Paris, 1837, p. 19.
(4) *Die geburtshülfliche Exploration.* Ebend., 1833, t. I.
(5) *Die geburtshülfliche Auscultation*, 1838, p. 85.
(6) *On the Rhythm of the Heart of the Fœtus in utero* (*Dublin Quarterly Journ. of Med. Science*, 1855, t. XIX, p. 326).
(7) Cité par HALLER, *Elem. physiol.*, t. II, p. 259.
(8) *Treatise of the Animal OEconomy.* Dublin, 1732, in-8°.
(9) *Elementa physiologiæ*, t. II, p. 259.
(10) *Ouvr. cit.*, t. II, p. 84.
(11) *Hämodynamik*, etc.
(12) Art. *Pulse* (TODD'S *Cyclopædia of Anat. and Phys.*, t. IV, p. 184).
(13) *De la fréquence du pouls chez les aliénés*, mars 1832, p. 39.
(14) *Rech. clin. pour servir à l'hist. des maladies des vieillards* (*Arch. gén. de méd.*, nov. 1835, t. IX, 2e série).

concoururent, les premiers, à détruire cette erreur. Au contraire, après eux, beaucoup d'observateurs sont venus aussi constater l'augmentation de la fréquence du pouls chez les vieillards : la moyenne serait de 74 pulsations pour ces derniers, au lieu de 65 que l'on observe chez les adultes.

Dans toutes les évaluations de cette nature, il faut avoir grand soin de mettre les sujets qu'on observe dans les mêmes conditions ; sans quoi, les résultats seraient très modifiés par diverses influences telles que l'état de digestion ou d'abstinence, l'attitude du corps, l'action musculaire, etc. Encore ne peut-on se mettre à l'abri de ces variations individuelles, à causes inconnues, qui font que, chez deux sujets sains, de même âge et dans des conditions identiques en apparence, le pouls peut être chez l'un de 40 pulsations par minute (*), et chez l'autre de 100.

Le travail de la *digestion* accélère la fréquence du pouls, et la nature des aliments ingérés joue un grand rôle dans cette accélération, qui atteint son maximum par l'usage de l'alcool et du café. L'abstinence ralentit, au contraire, les battements du cœur.

L'*attitude* du sujet amène les variations suivantes : dans la station verticale, le pouls a son maximum de fréquence ; il devient plus rare dans la position assise, plus rare encore dans la position horizontale. Pour éliminer l'influence de l'effort musculaire inséparable de la station verticale, Graves (1) a fixé des individus sur une planche à bascule dont il faisait varier l'inclinaison : il a vu ainsi que, entre la fréquence maximum qui s'observe dans la position verticale du sujet et la fréquence minimum, il y a des différences de 9 à 18 pulsations par minute ; les plus grandes différences s'observaient dans les cas où il y avait le plus de fréquence.

Quant à l'influence de l'*exercice musculaire*, tout le monde a pu la constater, elle est en raison de la violence des efforts produits. — La *température* ambiante exerce aussi une action notable. Une étuve chauffée graduellement peut faire passer le pouls par tous les degrés successifs d'accroissement : à 48°,88, le pouls était à 145 pulsations, au bout de trente-cinq minutes de séjour dans cette atmosphère échauffée (2). Réciproquement, les douches froides amènent le ralentissement du pouls à mesure que le sujet se refroidit ; ce fait ressort de tableaux donnés par Bence Jones et W. Dickinson (3). — Les *saisons* et les *climats*, en modifiant la température ambiante, produisent les mêmes variations.

Il existe des *variations diurnes* dans la fréquence du pouls ; mais ces changements, difficiles à observer, sont notablement influencés par les fatigues de la journée.

La *pression atmosphérique* détermine aussi des variations dans le chiffre du pouls. Les premières observations sur ce sujet furent faites par les voyageurs, dans les ascensions de hautes montagnes, et par les aéronautes. Bénédict de Saussure (4), Gay-Lussac (5), Parrot (6), Lepileur (7), etc., sont unanimes pour

(*) Le pouls de Napoléon Ier ne donnait, assure-t-on, que 40 battements par minute. — Voy. TOURNESCO, *Du pouls*, thèse inaug., n° 99. Paris, 1853, p. 31.

(1) *On the Effects Produced by Posture on the Frequence and Character of the Pulse* (*Dublin Hospital Reports*, t. V, p. 561).
(2) FOURRIER, *Du pouls*, thèse inaug. Paris, 1854.
(3) *Journ. de physiol. de l'homme et des animaux*, année 1858, t. I, p. 72.
(4) *Voyage dans les Alpes*, t. IV, p. 207.
(5) *Annales de chimie*, an XIII, t. LII, p. 89.
(6) FRORIEP'S *Notizen*, 1826, t. X, p. 216.
(7) *Revue médicale*, mai 1845, p. 196.

signaler ces effets ; la diminution de la pression atmosphérique augmente la fréquence du pouls. Cependant Milne Edwards (1) est porté à croire que, dans les ascensions sur des montagnes élevées, la plus grande part, dans l'accélération du pouls, doit être attribuée à la fatigue musculaire ou à d'autres causes. En effet, chez les habitants de pays situés à des latitudes très différentes, on ne trouverait pas, suivant cet observateur, de semblables variations dans le chiffre du pouls.

Dans certains appareils analogues à la cloche de plongeur, on peut comprimer l'air à plusieurs atmosphères. Chez les sujets placés dans ce milieu, la fréquence du pouls diminue. Ainsi, dans les appareils à air comprimé de Pravaz (2) et de Tabarié (3), la diminution est parfois considérable, le pouls tombe alors de 45 à 50 pulsations par minute, ce qui est une prodigieuse réduction du nombre de ses battements, surtout dans les cas où il existait une fréquence fébrile au commencement de l'expérience. Déjà, en augmentant la pression seulement d'une *demi-atmosphère*, on voit, dit Pravaz, le pouls baisser quelquefois des deux cinquièmes.

Les *mouvements respiratoires* produisent ici des effets très complexes : tantôt ils augmentent, et tantôt diminuent la fréquence du pouls. D'après Donders (4), des respirations fréquentes, volontairement produites, accélèrent les battements du cœur. Dans la plupart des conditions physiologiques, il existe du reste constamment un rapport direct d'accroissement et de diminution entre les mouvements respiratoires et les battements du cœur. — Lorsqu'il y a effort violent, soit d'inspiration, soit d'expiration, on voit se produire des modifications très considérables dans les mouvements du cœur. E. F. Weber (5) a vu, dans des efforts d'expiration, le pouls devenir plus faible et plus rare, et quelquefois il est même survenu un arrêt complet du cœur, avec syncope passagère. J. Müller pouvait, par une violente inspiration, la glotte étant fermée, supprimer un ou plusieurs battements de son cœur.

L'influence de la *taille* du sujet sur la fréquence du pouls est manifeste, et l'on peut dire, d'une manière générale, que le cœur bat d'autant plus vite que le sujet est de plus petite taille. Rameau a même cherché à dresser des tables qui permettraient de déterminer, d'après la taille toute seule, le chiffre de fréquence du pouls. De telles prétentions sont évidemment exagérées, et nous n'avons pas besoin d'insister sur ce point, après ce que nous avons dit des variations individuelles si considérables qu'on rencontre parfois sur des sujets d'apparence toute semblable. — En comparant entre eux des animaux mammifères de stature très différente, on voit nettement l'influence de la taille sur la fréquence du pouls : ainsi, chez le cheval et le bœuf, le cœur bat de 36 à 40 fois par minute ; chez l'âne, 50 fois ; chez le mouton, de 60 à 80 ; chez le chien, 120 ; chez le lapin, 150 ; chez les petits rongeurs, 175 fois (6), etc.

La fréquence des battements du cœur diminue beaucoup pendant le sommeil léthargique des mammifères hibernants. — Chez l'homme, le pouls devient aussi plus rare pendant le *sommeil* : c'est là probablement un effet des deux influences combinées du repos musculaire et de la position horizontale.

(1) MILNE EDWARDS, *ouvr. cit.*, t. IV, p. 78.
(2) *Essai sur l'emploi médical de l'air comprimé*, in-8. Paris, 1850, p. 37.
(3) *Comptes rendus des séances de l'Acad. des sc. de Paris*, année 1838, t. VI, p. 896 ; année 1840, t. XI, p. 26.
(4) *Zeitschrift für ration. Med.*, 2e série, 1854, t. IV, p. 241.
(5) *Archives gén. de méd.*, 5e série, 1853, t. I, p. 399.
(6) MILNE EDWARDS, *ouvr. cit.*, t. IV, p. 63.

Telles sont les différentes causes, expérimentalement constatées, qui exercent sur la fréquence du pouls une influence plus ou moins prononcée. Quant au mode d'action de ces causes, il est souvent obscur, et, dans ce chaos de conditions différentes qui agissent sur le pouls d'une manière semblable, il est souvent bien difficile de saisir une relation quelconque.

Dans ces derniers temps, Marey (1) essaya de se rendre compte de la manière dont ces causes pouvaient agir. En étudiant celles qui ont une action physiquement appréciable sur le cours du sang, il signala les changements qui surviennent dans les conditions dynamiques du cœur, sous l'influence d'un grand nombre de circonstances dont nous avons parlé; puis, transportant au cœur les lois de l'action musculaire de la vie animale, il arriva à cette conclusion, que *les mouvements du cœur sont d'autant plus fréquents en un temps donné, qu'il y a moins d'obstacles à vaincre pour l'accomplissement de la systole ventriculaire.*

Il est bien entendu que ces causes mécaniques des changements de fréquence dans les battements du cœur n'excluent pas les autres influences qui peuvent, d'autre part, agir sur l'état nerveux du cœur ou sur la contractilité propre aux parois de cet organe.

Marey rappelle d'abord que, quand on veut, par la contraction d'un muscle quelconque, exécuter une série de mouvements rhythmés, la fréquence de ceux-ci est d'autant plus grande que la résistance à vaincre est moindre. Ainsi, s'il s'agit d'imprimer à un poids des mouvements d'élévation et d'abaissement alternatifs, on en exécute d'autant plus, en un temps donné, que ce poids est moindre. *A priori*, en voyant cette loi de la dynamique se retrouver dans les contractions de tous les muscles de la vie animale, on est conduit à supposer que le cœur ne doit pas y échapper non plus, et cette induction se change en certitude lorsqu'on examine les variations de fréquence du pouls sous les diverses actions qui peuvent faire varier la résistance éprouvée par le cœur.

D'après ce qui a été dit précédemment, on sait que la résistance que le ventricule rencontre, à chaque systole, n'est autre que la pression du sang sur les valvules sigmoïdes, c'est-à-dire la *tension artérielle*. Nous verrons plus tard que cette tension est très variable, suivant les conditions physiologiques dans lesquelles se trouve le sujet, et que ces variétés, quand l'action du cœur reste la même, tiennent au passage plus ou moins facile du sang des artères dans le système veineux, par l'intermédiaire des vaisseaux capillaires.

Devant revenir sur ce point à propos de la *circulation artérielle*, nous ne consignerons ici que la conclusion générale de l'auteur (2).

« Toutes choses égales d'ailleurs, une condition qui facilitera le passage du sang des artères dans les veines augmentera la fréquence des battements du cœur.

» Réciproquement, une condition qui rendra ce passage plus difficile ralentira les battements de cet organe. »

(1) *Comptes rendus de la Société de biologie* (*Gaz. méd. de Paris*, 1860).
(2) *Loc. cit.*

COURS DU SANG DANS LE SYSTÈME ARTÉRIEL.

Dans le schéma de E. H. Weber (*), la partie destinée au transport centrifuge du liquide est formée par un tube élastique situé entre l'agent d'impulsion qui représente le cœur et l'obstacle qui simule le système capillaire, système dans lequel le cours du sang éprouve des résistances plus grandes que partout ailleurs. Mais l'arbre artériel offre, dans sa disposition générale, des conditions qu'il était impossible d'imiter dans le précédent appareil : ainsi on ne pouvait reproduire artificiellement ni sa division en un nombre infini de branches de plus en plus ténues, ni surtout la faculté qu'ont ces branches de changer de calibre, en se resserrant ou en se relâchant suivant différentes circonstances. — Étudions tout d'abord l'influence que de pareilles conditions doivent exercer sur le mouvement du sang.

I. — Le système artériel va en s'élargissant du centre à la périphérie. Tous les physiologistes admettent cette proposition, et leur opinion se fonde sur des mesures exactes dans lesquelles on a trouvé que, lors d'une bifurcation artérielle, l'aire des deux branches formées l'emporte sur celle du tronc afférent. Il n'y a peut-être d'exception à cette règle que pour la division de l'aorte au niveau des deux iliaques (1). Cet élargissement progressif des voies artérielles étant chose démontrée, on peut accepter la comparaison qui a été faite de l'arbre artériel avec un cône dont le sommet serait au cœur et la base à la périphérie du corps.

De cette forme générale des voies artérielles on peut donc conclure, relativement au mouvement du sang qu'elles renferment, que ce mouvement devra être plus rapide dans l'aorte que dans les vaisseaux qui en naissent, et que le minimum de vitesse du cours du sang se rencontrera dans les artérioles les plus fines : l'ensemble de ces dernières représente en effet la base du cône supposé.

II. — La vitesse du sang, dans une artère quelconque, n'est pas soumise seulement à l'influence de cet élargissement progressif des voies artérielles, elle peut encore y subir des modifications considérables en vertu de *résistances* qui dépendent : 1° des différences de direction dans ces vaisseaux ; 2° du calibre assigné à chacun d'eux, à un moment donné, par la contractilité des parois ; 3° des influences de la pesanteur sur la colonne sanguine.

1° *Les différences dans la direction des vaisseaux artériels* ont été longtemps regardées comme n'ayant aucune influence sur la vitesse du liquide qui les traverse ; et cette erreur provenait de ce que l'on appliquait à la pression du sang dans les artères la loi de Pascal, connue sous le nom de *principe de l'égalité de pression dans les liquides*. Cette loi, vraie pour les cas d'équilibre dans des vases ou des conduits communicants, cesse d'être applicable dès que les liquides sont en mouvement : dans ce cas, il se produit ce qu'on appelle, en hydrodynamique, une *force vive*, véritable vitesse acquise des molécules liquides qui tendent

(*) Voir ci-dessus, p. 764.

(1) PAGET, *London Medical Gazette*, 2e série, 1842, t. II, p. 55.

à cheminer dans une direction déterminée, et qui perdent de cette vitesse lorsqu'un obstacle les force à dévier de leur route. — Qu'on suppose un tronc artériel donnant naissance à deux branches qui, parallèles l'une à l'autre, gardent sensiblement la direction du tronc d'origine : si ces deux branches sont d'égal calibre, la vitesse du fluide contenu sera la même, tant que leur direction sera semblable ; mais si l'on dévie l'une d'elles, de manière qu'elle s'écarte de l'autre en formant un angle plus ou moins ouvert, la vitesse diminuera dans la branche déplacée, et sera d'autant moindre qu'on aura plus écarté cette branche de sa direction primitive.

J. Hunter (1) avait reconnu l'influence qu'exerce sur la vitesse du sang l'angle plus ou moins ouvert formé par une branche artérielle avec le tronc principal, et il avait même signalé, à ce point de vue, la remarquable disposition du système artériel. Si l'on compare, dit-il, l'angle presque droit sous lequel les branches se séparent de l'aorte, dans le voisinage du cœur, avec les angles que forment entre elles les bifurcations artérielles plus éloignées, on constate que ces derniers sont presque toujours beaucoup plus aigus. Cette disposition est en parfait accord avec ce que nous verrons à propos de la force d'impulsion du sang, qui décroît à mesure qu'on s'éloigne davantage du cœur : le courant sanguin trouve donc, dans la direction même des vaisseaux nés de l'aorte, un obstacle de moins en moins grand, à mesure que sa force faiblit.

2° L'influence des *variations du diamètre des artères* sur la quantité de sang qui les traverse dans un temps déterminé, a donné lieu à des assertions différentes : quand ces vaisseaux se resserrent, la rapidité du cours du sang augmente d'après les uns, elle diminue suivant les autres. Ces dissidences, à propos d'un fait si facile à constater expérimentalement, tiennent à une interprétation fautive du principe de physique suivant : Lorsqu'un tube, dans lequel coule un liquide, offre des variations de diamètre, c'est dans les points rétrécis que le mouvement est le plus rapide. Mais il n'en résulte point qu'un tube étroit verse plus de liquide qu'un autre plus large que lui. En somme, un rétrécissement est toujours une cause de diminution de la vitesse absolue du liquide qui traverse le tube, c'est-à-dire de la *dépense de l'écoulement ;* il n'augmente que la vitesse relative, les molécules liquides devant se succéder d'autant plus vite qu'il n'en peut passer qu'un plus petit nombre à la fois.

On désigne, en général, sous le nom impropre de *frottements*, les résistances que le sang éprouve dans les vaisseaux plus ou moins resserrés. La physique démontre qu'il n'y a pas de frottement entre les liquides et les parois des conduits qu'ils parcourent : la couche la plus extérieure du liquide est adhérente à la surface interne du tube et reste parfaitement immobile (2). Quant aux couches plus intérieures, elles adhèrent les unes aux autres, mais d'autant moins qu'elles sont plus centrales. Il suit de là que la vitesse des molécules liquides ne sera pas la même pour tous les points d'une même tranche, mais qu'elle aura son maximum au centre du vaisseau.

(1) *Œuvres complètes : Traité du sang et de l'inflammation* (trad. de Richelot, 1840, t. III, p. 230).

(2) PERROT, *Dissertatio de motu sanguinis in corpore humano.* Dorpat, 1814.—POISEUILLE, *Recherches sur les causes du mouvement du sang dans les capillaires*, p. 45 (*Mémoires des Savants étrangers*, t. VII).

3° La *pesanteur* exerce une influence notable sur le cours du sang dans les artères : tantôt elle le favorise, tantôt elle lui est contraire, suivant qu'elle s'exerce dans le sens du mouvement ou en sens inverse. Cette action, si manifeste pour la circulation veineuse, a été en général trop négligée pour la circulation artérielle, quoiqu'elle ait, dans les deux cas, la même intensité. Mais comme pour le mouvement du sang dans les artères, il existe une force impulsive énergique (l'action du cœur), l'influence de la pesanteur est ici relativement peu importante, tandis qu'elle joue un rôle considérable dans le mouvement du sang veineux.

Les faits ne manquent point pour démontrer l'action de la pesanteur sur la circulation artérielle. Dans les vivisections, par exemple, lorsqu'on ouvre une artère d'un membre, le jet du sang est plus fort si l'on tient la partie dans une position déclive; il faiblit d'une manière sensible, si l'on tient le membre dans l'élévation. Ces effets de la pesanteur sont utilisés tous les jours comme moyen de faciliter ou de diminuer l'afflux du sang dans les parties malades.

III. — Sans cesse poussé dans les artères, le sang éprouve des résistances plus ou moins grandes pour en sortir à travers les capillaires : plus la résistance est grande dans ces petits vaisseaux, plus le sang distend les artères, recevant du retrait élastique de leurs parois une *pression* qu'il est très important de bien connaître pour chaque point du système artériel, puisque cette pression ou *tension* représente la force en vertu de laquelle le sang progresse dans les petits vaisseaux. Devant entrer dans des détails ultérieurs sur ce point, nous nous bornerons à formuler les propositions les plus essentielles à connaître pour le moment.

— A égale difficulté d'écoulement par les capillaires, la tension artérielle est augmentée par des afflux plus considérables du sang poussé par le cœur.

— A égal afflux du sang, la tension croît avec l'obstacle au passage à travers les capillaires.

— Une tension considérable ne s'accompagne pas nécessairement d'une grande rapidité dans le cours du sang. Cette rapidité existe quand la forte tension n'est due qu'à un excès dans l'afflux; il y a, au contraire, lenteur du cours du sang quand la forte tension est due à la difficulté du passage de ce liquide à travers les capillaires.

La circulation, dans les artères, est sous la dépendance de deux propriétés très importantes qui existent dans ces vaisseaux : l'*élasticité* et la *contractilité*. Quoique nous soyons obligé d'étudier séparément chacune de ces propriétés, il faut bien savoir que, dans la circulation, elles jouent simultanément leur rôle et s'associent pour favoriser et régler le cours du sang.

Élasticité des artères.

— On sait que le sang est envoyé par le cœur d'une manière intermittente, chaque contraction du ventricule poussant une ondée, comme le ferait le coup de piston d'une pompe foulante. Si néanmoins on observe au microscope le mouvement du sang dans les capillaires, on constate qu'à l'état normal il est d'une continuité parfaite : le mouvement du sang s'est donc transformé dans son trajet du cœur aux extrémités. Aujourd'hui il est généralement admis que cette *trans-*

formation du mouvement, d'ailleurs très bien connue dans son résultat final, est due à l'*élasticité des artères*.

L'hydraulique avait déjà constaté, depuis longtemps, cet effet remarquable de l'élasticité : dans les pompes à incendie, par exemple, on rend moins saccadé le jet de la machine, en foulant le liquide sous une cloche remplie d'air : la force élastique du gaz ainsi comprimé transforme l'impulsion brève et intermittente du coup de piston en un jet continu.

Les premiers physiologistes qui comprirent bien l'influence de l'élasticité artérielle sur la transformation du mouvement primitif du sang ne manquèrent pas d'établir des comparaisons avec des instruments dont l'action est rendue continue d'une manière analogue : ainsi J. Hunter (1) assimilait cette influence de l'élasticité artérielle à l'effet du ressort dans le double soufflet des forges. D'autres admettaient la comparaison de la pompe à incendie, etc. Ajoutons que la transformation du mouvement du sang s'opère graduellement sur toute la longueur du système artériel, et que l'intermittence, qui existe franchement à l'origine de l'aorte, s'éteint peu à peu à mesure qu'on s'éloigne du cœur.

Ces remarques générales nous suffisent pour le moment ; mais il nous faudra revenir sur la précédente transformation, à propos de l'étude du *pouls artériel*, dont les caractères ne seraient point explicables sans une étude préalable du mouvement du sang dans les artères.

— Jusqu'à ces derniers temps, on admettait que l'élasticité des artères ne change rien à leur débit, et que si, le cœur étant en repos, le retrait des vaisseaux continue à pousser le sang vers les capillaires, c'est en vertu d'une *force d'emprunt* (2) qui, n'ajoutant rien à l'action impulsive du cœur, n'a pour effet que de rendre le courant continu.

Combattant cette opinion, Marey (3) a expérimentalement démontré que, dans le cas d'*afflux intermittent* de liquide dans un conduit d'un calibre donné, l'élasticité de ce conduit augmente la quantité du liquide qui peut y pénétrer sous une certaine pression.

Soit un vase de Mariotte V, duquel part un tube muni d'un robinet R, tube qui se bifurque au point T pour se continuer par deux conduits de même calibre, l'un à parois élastiques *bb*, et l'autre à parois rigides *aa*. — Une soupape, placée en S sur le tube élastique, empêche le liquide de refluer du tube *bb*, mais ne fait aucun obstacle à son courant direct. Deux ajutages d'écoulement de même calibre sont adaptés aux extrémités des deux tubes.

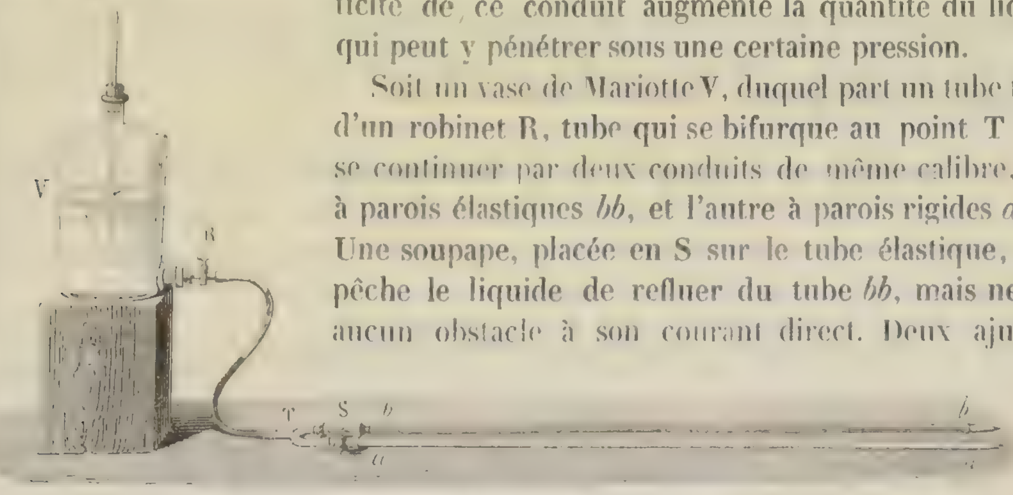


Fig. 15.

Voici comment on peut, à l'aide de cet appareil, démontrer la proposition formulée plus haut :

(1) *Œuvres complètes : Traité du sang et de l'inflammation*, t. III, p. 199, trad. franç. de Richelot.

(2) P. Bérard, *Cours de physiologie*, t. III, p. 730.

(3) *Annales des sciences naturelles*, 1857, Zoologie, t. VIII, p. 330 et suiv.

Lorsqu'on ouvre le robinet R et qu'on laisse l'écoulement s'établir d'une manière continue, le tube rigide et le tube élastique versent la même quantité de liquide. Si, au contraire, on ouvre et ferme alternativement le robinet R, de manière à produire dans les tuyaux un abord intermittent de liquide, l'écoulement a lieu plus abondamment par le tube élastique que par le tube rigide.

La circulation sanguine étant précisément dans les conditions de l'afflux intermittent indiqué dans cette seconde expérience, on conçoit que l'élasticité artérielle soit favorable à l'entrée du sang lancé par le cœur. Cette conclusion a été admise, depuis, par d'autres physiologistes (1).

Quant à l'explication du fait, Marey montre que l'augmentation qui survient dans le débit par les tubes élastiques, quoiqu'il n'y ait pas augmentation de la force d'afflux, tient à une diminution des résistances qu'éprouve le liquide. En effet, les résistances, dites improprement de *frottement*, croissent comme le carré de la vitesse du courant ; aussi seront-elles très grandes dans le cas d'introduction brusque de liquide, si l'écoulement doit être brusque lui-même, comme cela arrive pour les tubes inertes. Au contraire, dans les tubes élastiques, le liquide s'écoule d'une manière lente et sensiblement continue, quoiqu'il entre d'une manière brusque et intermittente ; les résistances seront donc beaucoup moindres, et c'est là ce qui constitue l'action favorable de l'élasticité des artères, au point de vue de la quantité de sang que le cœur pourra envoyer avec une certaine dépense de force.

Ces vues théoriques sont confirmées par la pathologie. — Le ventricule gauche du cœur s'hypertrophie lorsqu'un obstacle s'oppose à l'expulsion de l'ondée sanguine, comme dans le rétrécissement de l'orifice aortique. Il est une affection commune chez les vieillards, qui consiste dans la perte de l'élasticité de l'aorte et des grosses artères, et qui peut aller jusqu'à l'ossification de ces conduits : or, dans ces cas, suivant la théorie précédente, il devait y avoir une résistance plus grande à la systole du ventricule gauche, par suite de la perte d'élasticité de l'aorte, et le cœur devait s'hypertrophier. On savait qu'en effet, l'ossification sénile des artères s'accompagne toujours d'une hypertrophie du ventricule gauche, mais l'explication du phénomène restait à trouver (2).

L'élasticité des artères remplit donc deux importants usages dans le mouvement du sang à travers ces vaisseaux, puisque, d'une part, elle économise au cœur un déploiement de force considérable, et que, de l'autre, elle fournit aux petits vaisseaux un écoulement de sang régulier.

C'est à ce double effet que l'on peut réduire l'action physiologiquement utile de l'élasticité artérielle. Mais, entre ces moments extrêmes où l'ondée, intermittente à son arrivée, est complétement transformée à sa sortie des artères en écoulement uniforme, il se passe une série de phénomènes accessoires qui ont été utilisés dans l'étude des maladies. C'est ainsi que la transformation encore incomplète du mouvement du sang permet d'apprécier, dans les artères volumineuses, le phénomène du *pouls*. La même cause produit aussi des mouvements de locomotion de ces artères qu'on voit se déplacer sous la peau lorsqu'elles sont assez superficielles. Enfin, les changements de volume des artères, les bruits qui se passent dans leur

(1) GIRAUD-TEULON, *Gaz. méd. de Paris*, 1858, n° du 20 mars. — MILNE EDWARDS, *Leçons sur la physiologie et l'anatomie comparée, etc.*, t. IV, p. 176.

(2) Consultez MAREY, *Thèse inaug.* Paris, 1859, p. 18 et suiv.

intérieur, s'ils constituent autant de phénomènes dénués d'utilité fonctionnelle pour l'économie animale, fournissent au contraire des signes importants dans un grand nombre de maladies.

— Chaque abord nouveau du sang dans le système artériel doit nécessairement s'accompagner d'une *dilatation* de tout cet arbre vasculaire; et, dès que le sang du ventricule gauche a pénétré dans l'aorte, comme il s'écoule d'autre part à travers les vaisseaux capillaires, il doit en résulter un *resserrement* de tout le système artériel, jusqu'au moment où arrive une ondée nouvelle. Les physiologistes ont cherché à constater ces *changements de volume des artères;* mais, ne réfléchissant pas d'abord assez à l'énorme capacité de l'ensemble de ces vaisseaux relativement à l'exiguïté de chaque afflux ventriculaire, ils s'étonnaient, en mettant une artère à nu, de ne pas trouver dans ses diamètres de changements appréciables à l'œil, à la loupe (1) ou au compas d'épaisseur (2). Cependant Spallanzani (3) dit avoir constaté ces changements de diamètre au moyen d'un anneau adapté à l'aorte d'une salamandre. Flourens (4) varia cette expérience en employant de très petits anneaux brisés d'acier bien trempé, qu'il adaptait aux artères. — Dans ces expériences, il est à craindre que les anneaux employés n'aient exercé sur le vaisseau une constriction même légère ; dans ce cas, ce serait la *pulsation*, comme on le verra plus loin, et non la dilatation proprement dite du vaisseau, qui aurait été perçue.

La démonstration irréfutable de la dilatation des artères a été donnée par Poiseuille (5). L'appareil dont il s'est servi consiste en une sorte de boîte allongée qui, percée d'un trou à chaque extrémité et surmontée d'un tube capillaire gradué, se démonte en deux parties, l'une supérieure, l'autre inférieure. On passe l'une au-dessous de l'artère découverte qu'on veut examiner, et l'on applique l'autre, en manière de couvercle, par-dessus le vaisseau qui, de la sorte, est emprisonné et traverse le petit appareil dans toute sa longueur. Celui-ci étant rempli de liquide et hermétiquement clos, il devient alors facile de constater qu'à chaque systole ventriculaire le liquide s'élève dans le tube capillaire, puis bientôt s'y abaisse, selon que l'artère, en se dilatant ou en se rétrécissant, chasse du réservoir une certaine quantité d'eau ou la laisse rentrer. L'augmentation de diamètre de l'artère est calculée d'après le degré d'ascension.

On conçoit aisément qu'à l'aide de ce moyen, on soit parvenu à rendre sensible une dilatation qui, imperceptible sur un point limité du vaisseau, devait, en agissant sur une plus grande surface, pouvoir déplacer une quantité notable de liquide.

Quant à déterminer la quantité dont une artère se dilate à chaque systole du cœur, les résultats contradictoires obtenus par différents observateurs nous empêchent d'attacher à ces déterminations une valeur quelconque ; ajoutons que d'ailleurs des évaluations de cette nature, fussent-elles exactes, resteraient encore sans applications bien importantes.

— Il a été constaté expérimentalement que les vaisseaux artériels sont beau-

(1) John Davies, *The London Medical Repository and Review*, vol. XXIX, p. 389.

(2) Lamure, *Recherches sur les pulsations artérielles*. Montpellier, 1769. — Arthaud, *Dissertation sur la pulsation des artères*. Paris, 1771.

(3) *Expériences sur la circulation*, trad. franç. par Tourdes, p. 146.

(4) *Annales des sc. nat.*, 1837, t. VII, p. 106.

(5) *Recherches sur l'action des artères dans la circulation artérielle* (*Journ. de physiol, de* Magendie, 1829, t. IX, p. 46, pl. 1, fig. 1).

coup plus élastiques dans le sens de leur longueur que suivant leur diamètre transverse. C'est donc surtout dans le premier sens qu'aura lieu, à chaque afflux nouveau du sang, l'augmentation de capacité des artères. Comme, de plus, les artères offrent quelquefois des troncs d'une étendue considérable, l'extension de leurs parois, dans le sens de l'axe, portant sur une grande longueur, l'allongement pourra devenir apparent à l'œil nu, tandis qu'il semblera ne point exister d'augmentation dans le sens transversal de ces vaisseaux.

La quantité dont une artère s'allonge dépend évidemment de la force avec laquelle son élasticité est sollicitée dans le sens longitudinal. Ainsi, quand un vaisseau est perméable dans toute son étendue, le sang, le traversant avec facilité, n'exerce pas de traction suivant la longueur, tandis que si un obstacle arrête le courant, l'allongement devient aussitôt très prononcé. C'est ce qui arrive lorsqu'on pose une ligature sur les artères au moignon d'un membre amputé : le tronçon fermé du vaisseau fait obstacle à la colonne sanguine, et, à chaque systole du cœur, il est poussé en avant ; aussi le voit-on sortir des tissus environnants en faisant une saillie très appréciable.

L'oblitération complète d'une artère n'est pas indispensable pour que l'allongement se produise : un obstacle partiel à la progression du sang suffit pour déterminer un allongement bien visible. Ainsi, quand il y a bifurcation d'un tronc artériel, l'éperon qui sépare les deux branches est poussé en avant au moment de l'arrivée du sang et revient ensuite à sa position primitive. On a vu, plus haut, comment les changements de direction du cours du sang sont une cause de perte de force vive pour ce liquide ; c'est ce qui a lieu au niveau des bifurcations artérielles. Dans ce cas, la force perdue pour le courant est employée à produire le mouvement de l'éperon et l'allongement du vaisseau.

Quand un tronçon artériel est fixé à ses deux extrémités, il ne s'en allonge pas moins sous l'influence des ondées intermittentes du sang. Mais alors le phénomène se traduit par des mouvements de latéralité du vaisseau ; c'est ce qu'on connaît sous le nom de *locomotion artérielle par inflexion latérale*. Il est évident que le vaisseau, placé en ligne droite entre deux points fixes, deviendra, au moment de l'afflux du sang, trop long pour conserver sa situation rectiligne, et il s'y formera des inflexions qui disparaîtront dans l'intervalle des afflux. Si, au contraire, le vaisseau offre naturellement des courbures, un autre phénomène se produira : ce sera sinon le *redressement* de ces courbures, comme on le dit généralement, du moins l'augmentation de leurs rayons. Les coudes brusques du vaisseau seront alors remplacés par des contours plus arrondis. Il arrive là ce qui se passe dans le manomètre de Bourdon, dont le tube contourné se déroule légèrement lorsque la pression intérieure augmente.

En résumé, chaque nouvelle arrivée de sang dans le système artériel s'accompagne d'une augmentation de la capacité de ces premières voies sanguines ; augmentation qui s'efface par l'effet de l'écoulement du sang pendant le repos du cœur. La dilatation du système artériel se traduit, soit par l'*élargissement* de ses vaisseaux qui est presque nul et insensible à l'œil, soit par l'*allongement*, qui a deux effets distincts, suivant les conditions dans lesquelles se trouve l'artère : il y a une *locomotion dans le sens de l'axe*, si le cours du sang éprouve un obstacle et si le vaisseau peut se déplacer ; dans le cas contraire, apparaissent des inflexions latérales dont la tendance est d'atteindre le plus grand rayon possible.

Il serait inutile d'insister davantage sur ces phénomènes, auxquels les anciens observateurs avaient attaché une grande importance, croyant à tort que les changements de volume des artères étaient la cause immédiate du *pouls*. Nous verrons qu'ils en sont entièrement distincts.

I. — Le premier point nécessaire pour se faire une idée de la nature du *pouls*, est de bien connaître la *transmission de l'impulsion du cœur dans toute la longueur de l'arbre artériel*. Il est une donnée sur laquelle les divers auteurs qui ont cherché à élucider cette question par la voie expérimentale sont généralement d'accord : c'est que le mouvement se transmet de proche en proche, chaque couche poussant celle qui la suit. L'impulsion marche ainsi très vite, sans que le liquide lui-même participe à cette vitesse : de telle sorte que, lorsqu'une systole du cœur se traduit par un battement de l'artère radiale, il n'y a pas, à ce moment, dans le vaisseau observé, une seule goutte de sang lancé par la dernière systole, mais il n'y a que le mouvement de ce sang transmis par continuité de liquide.

Dans les conduits rigides ou inertes, toute la colonne du liquide se meut d'une seule pièce, pour ainsi dire, et en chaque point du tube il passe, dans un même temps, une même quantité de ce liquide. Dans les artères, qui sont élastiques, il en est autrement. Immédiatement après que les valvules sigmoïdes se sont abaissées, le sang qui repose sur elles est parfaitement immobile jusqu'à ce qu'une systole nouvelle vienne le déplacer; à l'autre bout du système artériel, au contraire, au lieu d'intermittence dans le mouvement, il y a continuité et régularité parfaites : de sorte que, dans un petit vaisseau, il passe du sang dans le temps même où ce liquide est immobile à l'origine de l'aorte.

Les opinions des auteurs ne sont pas unanimes sur la manière dont ce mouvement se transporte en changeant de nature. E. H. Weber (1) et Marey (2), qui, dans ces derniers temps, se sont le plus occupés de ce sujet, admettent des théories différentes.

Selon Weber, il se forme une *vague* qui, partant du cœur, se porte vers la périphérie du corps et se fractionne pour pénétrer dans chacune des artères. Cette ondée voyage dans une direction centrifuge, jusqu'à ce qu'elle s'éteigne. La théorie de Weber a pour base ce fait, que le pouls apparaît plus tard dans les artères éloignées du cœur que dans celles qui avoisinent cet organe. Ce retard serait dû, d'après le physiologiste allemand, au temps que la vague a mis à franchir cette distance. Enfin, dit Weber, la vague dont il s'agit n'est pas une quantité de liquide cheminant dans tout ce parcours, elle représente seulement une forme que prend successivement chaque point du liquide. Tel est le cas où une pierre jetée dans l'eau produit des ondes qui s'étendent à une grande distance, sans que l'eau touchée par la pierre prenne part à ce mouvement : « *Unda non est materia progrediens, sed forma materiæ progrediens.* »

Les choses ne se passent pas ainsi, d'après Marey (2), qui s'applique à réfuter, à l'aide d'expériences, la principale base de la théorie de Weber, c'est-à-dire le retard constant du pouls dans les artères éloignées du cœur.

Si l'on suppose le système artériel représenté par un seul conduit (fig. 16) par-

(1) *De pulsu, resorptione, auditu et tactu* (*Annot. anat. et physiol.*, Lipsiæ, 1833).
(2) *Du pouls et des bruits vasculaires* (*Journ. de physiol. de l'homme et des animaux*, 1859, t. II, p. 268).

tagé en une série de tronçons successifs, *abcd*, de l'orifice d'entrée à l'orifice de sortie, il est facile de comprendre comment se produit la répartition du liquide

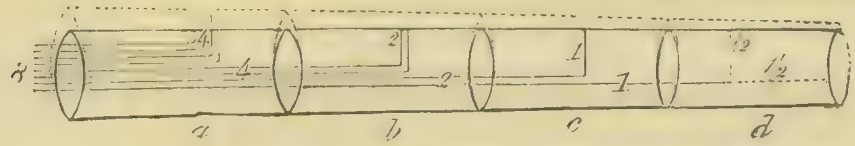


FIG. 16.

au moment de l'afflux. Lorsque l'ondée arrive dans le tronçon *a*, elle éprouverait, pour y pénétrer, une grande résistance, si elle devait déplacer immédiatement tout le sang contenu dans l'arbre artériel ; mais l'élasticité de l'aorte lui fournit le moyen de se loger en partie dans ce premier tronçon, et de ne déplacer, par conséquent, qu'une partie du sang qu'il contenait. Lors donc que, sous l'influence d'un afflux de sang dans un tronçon aortique, il y a allongement et dilatation de celui-ci, il est évident que la force d'afflux a été décomposée en deux parties, dont l'une, entièrement employée à la dilatation du vaisseau, ne servira que plus tard à la propulsion du sang. Dès lors, la force directe, c'est-à-dire celle qui s'exerce suivant l'axe du vaisseau, se trouve réduite d'une quantité qui est à la force totale de l'afflux ce que le volume du sang logé dans la dilatation du premier tronçon est au volume total de l'ondée. — On peut supposer au tronçon *a* une longueur telle qu'il loge ainsi la moitié de l'ondée cardiaque ; alors, dans le tronçon suivant *b*, il n'y aura plus pour l'afflux direct que la moitié de la force initiale. — En supposant qu'il se passe la même chose dans cette partie du système artériel que dans la précédente, il n'arrivera plus au tronçon *c* qu'une partie de la force initiale égale à un quart, et ainsi de suite de proche en proche.

Dans cette division dichotomique de la force d'afflux, il y a transmission simultanée pour tout ce qui est force directe, et les parties reculées de l'arbre circulatoire reçoivent de la systole un effet de moins en moins intense, mais toujours synchrone avec cette systole elle-même.

Au moment de l'arrivée de l'ondée, dont nous supposons ici la durée très courte, l'appareil circulatoire est plus dilaté du côté du cœur que du côté des capillaires, comme cela arrive pour le tube qui est représenté dans la figure 16, et qui prend la forme d'un tronc de cône dont la base est tournée du côté de l'orifice d'entrée. — Dans l'instant qui suit l'afflux, les choses se passent différemment. Les portions initiales du système vasculaire se vident dans le reste de l'arbre artériel, et les vaisseaux éloignés, peu distendus par le sang au premier instant, se dilatent graduellement par l'effet du retrait des portions initiales qui, dès le début, avaient reçu tout le sang qu'elles pouvaient loger. L'arbre artériel reprend donc graduellement sa forme par l'effet de cette nouvelle répartition du liquide. Dans la précédente figure, le tube revient à la forme cylindrique par le resserrement des parties initiales et la dilatation concomitante des parties terminales.

Il faut remarquer ici que les vaisseaux éloignés ont reçu l'impulsion cardiaque sous forme d'un mouvement qui, faible au début, a grandi avec les caractères du *mouvement accéléré ;* tandis que, pendant ce temps, les vaisseaux très rapprochés du cœur ont reçu, dès le début, leur maximum de mouvement, qu'ils ont cédé ensuite graduellement au reste du système artériel.

Dans certains cas, la transmission du mouvement se fait dans des conditions différentes et plus complexes. En effet, cette répartition du mouvement qui serait nécessairement la seule possible pour un fluide impondérable, reçoit une importante perturbation quand c'est un liquide pesant qui est projeté avec force dans le tube élastique. Alors l'ondée peut prendre une vitesse en vertu de laquelle elle fuit les régions initiales de l'aorte, laissant derrière elle une diminution assez grande de la tension, une sorte de tendance au vide. Dans les conduits élastiques, cet effet est rendu apparent par l'affaissement du tube qui se produit aussitôt que l'ondée a pénétré avec une grande rapidité. Lorsque le liquide trouve un obstacle dans les points éloignés du tube, il reflue de nouveau vers les parties initiales, et le vide se trouve ainsi comblé. C'est dans ce cas seulement qu'il serait presque légitime de comparer à une vague le mouvement du sang artériel, et que la théorie de Weber se rapprocherait de la vérité (1). On verra, à propos du *pouls dicrote*, quel rôle important joue, dans la production de ce caractère du pouls, la vitesse acquise de l'ondée ventriculaire.

Cette théorie de la *transmission des mouvements du sang* n'est pas une vue *à priori;* elle repose sur des expériences faites au moyen d'appareils que nous aurons bientôt à décrire : les *hémomètres* et les *sphygmographes.*

II. — La science possède, depuis longtemps, le moyen de savoir quelle est, dans les conduits qui sont le siége d'écoulement, la force d'afflux pour chaque point de leur longueur, et quelle est aussi la quantité de cette force qui a été consommée par les résistances dites de frottement.

Bernouilli a donné la formule simple qui préside à la répartition de la pression dans un conduit également calibré, l'écoulement ayant lieu sous une charge constante.

Soit un réservoir R plein de liquide jusqu'à un certain niveau *a*, et du fond duquel part un conduit d'un calibre uniforme. Les tubes 1, 2, 3, 4, 5, 6, bran-

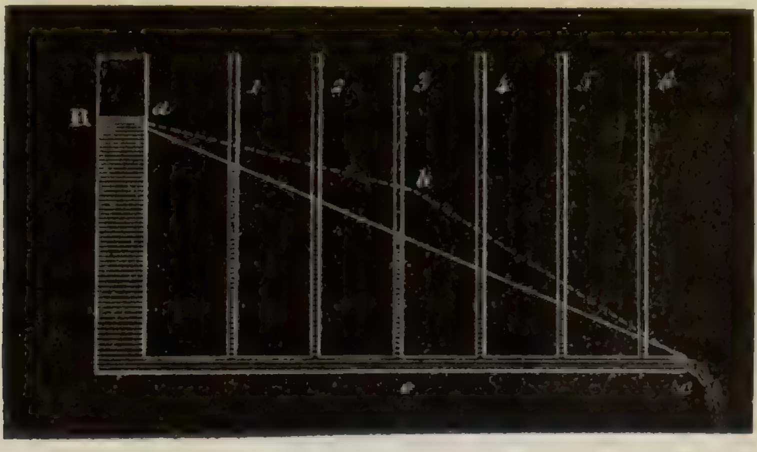


Fig. 17.

chés sur ce conduit, et qu'on désigne sous le nom de *piézomètres* (*), auront tous leur niveau sur une ligne droite obliquement descendante de *a* en *c*, c'est-à-dire du niveau du réservoir à l'orifice d'écoulement. — La hauteur à laquelle s'élève

(1) Marey, *Thèse inaug.* Paris, 1859, p. 33.

(*) De πιέζειν, comprimer, et μέτρον, mesure (appareil à mesurer la pression des liquides).

le liquide d'un piézomètre, branché en un point du tube, indique sensiblement l'intensité de la force d'afflux en ce point; et, comme elle décroît de l'orifice d'entrée à celui de sortie, on en doit conclure que la force d'écoulement du liquide décroît elle-même. — Il est démontré que les résistances qu'éprouvent les liquides dans les conduits d'un calibre uniforme, sont proportionnelles aux longueurs de ceux-ci. Il s'ensuit donc que, dans le cas où l'écoulement est établi dans le tube, plus un point de ce tube sera éloigné de l'entrée, plus le liquide qui le traverse aura perdu de sa force initiale par suite des résistances. Cette réduction de force se traduit par l'abaissement de la colonne piézométrique au-dessous du niveau du réservoir.

Il est également prouvé qu'à égale longueur, les conduits opposent au liquide une résistance d'autant plus grande que leur calibre est plus étroit. Supposons donc que, dans la figure précédente, le diamètre du tube soit plus étroit à partir du point *o* jusqu'à l'orifice d'écoulement *c*. Dans ces conditions, la ligne des niveaux piézométriques ne sera plus une droite, mais une ligne brisée *abc*. Les parties larges offrant très peu de frottements, amèneront peu de diminution dans les niveaux piézométriques qui se tiendront sur la ligne *ab*; ils décroîtront au contraire très vite dans les points rétrécis, comme l'indique, dans la figure, la ligne *bc*, qui est très inclinée.

Dans les tubes auxquels on a adapté un piézomètre, le niveau de celui-ci n'indique pas la vitesse réelle, puisqu'elle se trouve, la même pour toutes les tranches du liquide contenu dans le tube et dont le mouvement est solidaire ; mais ce niveau est élevé proportionnellement à la vitesse qu'aurait le liquide, si les résistances à vaincre au-dessous du piézomètre étaient supprimées, comme dans le cas d'un orifice pratiqué dans les parois du conduit. Un tel orifice laisserait échapper le liquide d'un jet d'autant plus fort que le piézomètre accuserait plus de hauteur au point correspondant.

Le *piézomètre* de Bernouilli est identique dans son mode d'action avec ce qu'on appelle aujourd'hui le *manomètre*. Les instruments de ce genre ont pour usage, dans l'industrie, d'évaluer les pressions des liquides ou les tensions des gaz. Hales (1) fut le premier qui tenta d'introduire l'usage de cet instrument en physiologie. Nous avons vu déjà que son but était d'évaluer la force du cœur qu'il croyait obtenir en multipliant la pression d'une artère quelconque par la surface interne du ventricule gauche.

Hales n'a pas atteint ce but, mais il a démontré plusieurs faits importants, relatifs à la *tension du sang dans les artères* : il a vu, par exemple, que cette tension diminue beaucoup, si, au moyen de saignées, on enlève à l'animal une masse de sang assez considérable.

Poiseuille a introduit dans l'expérimentation physiologique un manomètre à colonne de mercure, instrument plus commode à manier et que tout le monde connaît. Cet investigateur eut le premier l'idée de rechercher, à l'aide du manomètre, ce que devient la *tension dans les différents points du système artériel*, à mesure qu'on s'éloigne du cœur, et, pour simplifier la question que compliquait par trop l'oscillation de la colonne mercurielle, il se borna à indiquer l'état de ce qu'il appelle la *tension moyenne* dans tout l'arbre artériel. Cette moyenne, il la

(1) *Hæmastatique*, trad. par Sauvages. Genève, 1744, in-4.

considérait comme exprimée par la demi-somme des colonnes maxima et minima du manomètre, ou, si l'on aime mieux, par la partie moyenne du parcours d'une oscillation.

En opérant dans ces conditions sur un grand nombre de mammifères, Poiseuille (1) crut trouver que la moyenne de tension qu'il obtenait était toujours la même, quel que fût le point des voies artérielles où il appliquait son manomètre : ainsi, la carotide et les artères du métatarse avaient la même tension moyenne.

Un tel fait semble, *à priori*, incompatible avec les lois physiques qui reconnaissent que, dans tout écoulement, l'effet des résistances diminue la pression du liquide à mesure qu'on s'éloigne de l'orifice d'entrée des conduits. On verra bientôt comment il a été démontré que Poiseuille s'était mépris, et comment la quantité qu'il considérait comme la pression moyenne du sang est en réalité fort éloignée de la moyenne véritable.

Le manomètre à colonne de mercure a subi encore d'autres modifications. Ainsi Magendie (2) a employé, sous le nom d'*hémomètre*, un instrument composé d'un réservoir à mercure sur lequel s'exerce la pression sanguine, et qui communique avec un tube dans lequel s'élève le métal. La hauteur du niveau du mercure dans ce tube unique exprime l'intensité de la pression.

En Allemagne, les physiologistes se préoccupèrent d'une cause d'erreur qui existe dans l'application de tous les instruments de ce genre, c'est-à-dire de l'oblitération du vaisseau dont on recherche la tension. En effet, lorsqu'on applique à une artère le manomètre de Poiseuille ou l'hémomètre de Magendie, on fait une section du vaisseau perpendiculairement à son axe, et l'on enfonce le bec de l'instrument dans celui des deux bouts (*central* ou *périphérique*) dont on veut étudier la pression, tandis que l'autre bout est fermé par une ligature. Il y a donc arrêt complet du courant sanguin dans l'artère qu'on examine. Mais on peut réussir à adapter un manomètre sur une artère sans y interrompre le cours du sang. L'appareil le plus simple, qui remplisse ce but, est celui de Volkmann (3) : c'est un tube métallique en T qui s'introduit par les deux extrémités de sa branche principale dans les deux bouts de l'artère divisée, tandis que la branche perpendiculaire reçoit le manomètre.

Quand on fait usage de semblables instruments, il faut toujours prendre le soin d'empêcher la coagulation du sang, en introduisant une solution alcaline dans les points de l'appareil où le sang doit pénétrer.

Enfin Cl. Bernard (4) essaya d'évaluer la tension comparative de deux artères différentes au moyen d'un *manomètre* qu'il nomme *différentiel*, et qui est formé, comme celui de Poiseuille, d'un tube en U contenant du mercure. Seulement, les deux branches sont égales et mises en rapport chacune avec une artère différente. Dès lors celui des vaisseaux qui aura la pression la plus forte devra pousser la colonne mercurielle dans la branche opposée.

Aucun de ces instruments ne saurait donner une mesure numériquement exacte de la pression sanguine, parce que, comme le fait observer Marey (5), les

(1) *Recherches sur la force du cœur aortique*, thèse inaug. Paris, 1828, p. 37.

(2) *Gazette médicale de Paris*, 1850, p. 93.

(3) *Die Hämodynamik nach Versuchen*, etc. Leipzig, 1850, p. 146.

(4) *Leçons sur la physiologie et la pathologie du système nerveux*, 1858, t. I, p. 282, fig. 42.

(5) *Comptes rendus de la Société de biologie* (*journ. le Progrès*, 1859, n° 21, p. 579).

colonnes mercurielles, dans leurs oscillations, prennent une vitesse acquise qui leur fait dépasser les points qui exprimeraient exactement le *maximum* et le *minimum* de la pression sanguine. Quant à la mesure de la tension moyenne, elle est encore moins exacte, si on l'évalue, comme le fait Poiseuille, en prenant la demi-somme des colonnes de mercure maximum et minimum. Car la moyenne que l'on doit chercher dépend non-seulement de la hauteur de ces colonnes, mais aussi des durées relatives de leurs périodes d'ascension et de descente. Aucun des instruments précédemment cités ne donne ces indications.

Pour terminer ce qui concerne ces *instruments à indications intermittentes*, il nous reste à mentionner rapidement les résultats comparatifs obtenus par les différents auteurs. — Poiseuille, avons-nous dit, a trouvé que la demi-somme des colonnes de mercure est la même dans toutes les artères. — Volkmann (1) a constaté, dans des expériences semblables, que cette quantité diminue à mesure qu'on s'éloigne du cœur. — Spengler (2) l'a vue augmenter au contraire dans les artères éloignées. — Cl. Bernard a cru pouvoir, avec son manomètre différentiel, trancher la question, et prouver que, si les artères rapprochées du cœur refoulent la colonne mercurielle dans la branche qui est mise en rapport avec une artère éloignée, c'est que la tension moyenne est plus forte pour elles. De cette expérience on ne peut rigoureusement conclure que ce fait, sur lequel d'ailleurs tout le monde est d'accord, à savoir, que les *maxima* de tension qui arrivent à chaque systole du cœur sont plus forts dans les artères très voisines de cet organe.

Dans ces dernières années, l'étude de la *tension artérielle* entra dans une phase nouvelle, grâce à l'emploi que fit C. Ludwig (3) des *appareils à indications continues*, pour mesurer les variations que cette tension subit sous l'influence d'une foule de conditions.

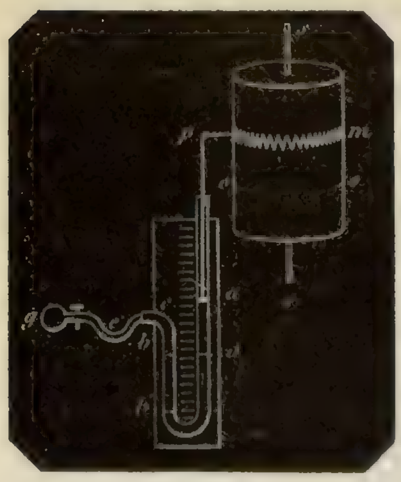


FIG. 18.

L'instrument dont il se servit, le *kymographion* (*), est construit de la manière suivante. Un manomètre, semblable à celui de Poiseuille, est mis en communication avec une artère au moyen de l'ajutage *gec*. Lorsque l'appareil n'est pas en expérience, le mercure occupe dans le tube en U les niveaux *b*, *a*. Aussitôt que la pression du sang agit sur le mercure, les niveaux des deux colonnes passent en *b' a'*. La colonne de mercure, située dans la grande branche porte un flotteur et une tige à l'extrémité de laquelle est un pinceau *p* qui est soulevé à chaque augmentation de la tension artérielle, et redescend quand la tension baisse. Ce pinceau trace sur un cylindre qui tourne autour de l'axe vertical *ss* des courbes représentées sur la ligne *m* et correspondantes aux oscillations du manomètre.

(1) *Ouvr. cit.*, p. 167.

(2) *Ueber die Stärke des arteriellen Blutstromes* (MÜLLER'S *Arch. für Anat. und Physiol.*, 1844, p. 52 et suiv.).

(3) *Beiträge zur Kenntniss des Einflusses der Respirations-Bewegungen auf den Blutlauf* (MÜLLER'S *Archiv für Anat. und Physiol.*, 1847, p. 243, pl. X).

(*) De κῦμα, flot, onde, et γράφειν, tracer. — Ce nom de *kymographion* a été donné par VOLKMANN à un manomètre enregistreur inventé par C. LUDWIG.

Plus la tension est forte dans l'artère, plus le niveau général des courbes tracées en *m* est élevé au-dessus du zéro de l'instrument, c'est-à-dire au-dessus du point *oo* qu'occupe le pinceau lorsque l'appareil est au repos.

Dans les tracés obtenus par C. Ludwig, et dont nous reproduisons un spécimen (fig. 19), on remarque que chaque pulsation se traduit par une courbe dont

FIG. 19.

l'ascension et la descente forment les deux moitiés. L'intensité de la pulsation, c'est-à-dire l'amplitude de l'oscillation du manomètre, se compte sur la ligne des *ordonnées* (ligne verticale) ; la fréquence des pulsations se mesure sur la ligne des *abscisses* (ligne horizontale), et peut facilement être transformée en sa valeur pour une minute, lorsqu'on connaît la vitesse avec laquelle tourne le cylindre. La ligne d'ensemble *ab*, exprimant le niveau général des pulsations, offre elle-même des ondulations qui sont dues à l'influence qu'exerce la respiration sur la tension artérielle. Il sera question plus loin de cette influence.

Pour obtenir la valeur de la *tension moyenne* dans une artère à l'aide de l'instrument de C. Ludwig, Volkmann (1) s'est servi du procédé qu'on emploie, en météorologie, quand on veut prendre la moyenne du tracé d'un instrument à indications continues : on rogne les bords du papier de manière qu'ils se trouvent parfaitement à égale distance du tracé du côté des maxima comme du côté des minima ; puis on le découpe en suivant toutes les sinuosités de la courbe. Si l'on pèse alors les deux moitiés du papier, le rapport du poids de l'une à celui de l'autre donnera la moyenne cherchée. Il est aisé de comprendre que si, pour des hauteurs maxima et minima semblables, le mercure reste plus longtemps dans le voisinage d'un de ces points extrêmes, la quantité de papier ne sera plus la même de chaque côté de la courbe, et la moyenne obtenue différera sensiblement de celle que l'on aurait en divisant le papier par une ligne qui passerait toujours à égale distance des maxima et des minima ; ce qui correspondrait au procédé de mensuration de Poiseuille.

Ces moyennes, prises sur des artères situées à différentes distances du cœur, ont été trouvées par Volkmann de plus en plus petites à mesure qu'on s'éloigne du cœur. Ainsi, chez un chien, la tension moyenne, prise dans la carotide, était de 172 millimètres de mercure ; tandis que, pour la fémorale, on ne trouvait que 165 millimètres. Sur un veau, la carotide donna 116 millimètres, et l'artère métatarsienne, 87 (*).

Comme le *kymographion* est un instrument très volumineux, et comme d'ailleurs les oscillations étendues d'une colonne mercurielle s'accompagnent nécessai-

(1) *Ouvr. cit.*, p. 170 et suiv.

(*) *Ouvr. cit.*, p. 167.

rement de vitesses acquises qui introduisent des causes d'erreur dans les résultats, Marey a cherché à obtenir l'indication de la tension moyenne à l'aide d'un autre instrument qu'il appelle *manomètre compensateur* (1).

Qu'on se figure un manomètre de Magendie portant deux colonnes mercurielles : l'une d'elles oscille comme dans l'instrument ordinaire ; mais l'autre, ne communiquant avec le réservoir à mercure que par un tube capillaire très fin, n'offre que des vestiges d'oscillations, et lorsque l'instrument est en expérience, cette colonne s'élève par petites saccades successives jusqu'au point qui indique la moyenne de tension. Ce point indiqué par le manomètre compensateur est d'autant plus près du maximum ou du minimum signalés par la colonne oscillante, que la tension artérielle est pendant plus longtemps à son maximum ou à son minimum d'intensité.

En expérimentant, avec cet instrument, sur des tubes élastiques dans lesquels on envoie des ondées intermittentes de liquide pour imiter les conditions de la circulation sanguine, on voit que la moyenne de tension va toujours en décroissant, à mesure qu'on la cherche plus loin de l'orifice d'entrée du tube. Quant aux variations qu'on produit, soit dans l'intensité de l'afflux, soit dans la facilité de l'écoulement, elles font varier la tension moyenne suivant les lois mêmes formulées par Bernouilli pour les cas d'écoulement constant.

Tous ces mouvements des colonnes manométriques sous l'influence des changements de tension que produit chaque contraction du cœur sont des manifestations de même nature que le phénomène désigné sous le nom de *pouls artériel*. L'importance du pouls, dans la pratique médicale, nous oblige à rapporter avec quelques détails les études entreprises sur les changements rhythmiques que les systoles du cœur produisent dans la tension artérielle. On entrevoit, d'après ce qui précède, que le pouls plus ou moins fréquent et fort, perçu en palpant l'artère radiale, se traduirait, si un manomètre était adapté à ce vaisseau, par des oscillations de fréquence et d'amplitude proportionnelles.

Parmi ceux qui voudraient faire remonter à Hippocrate toutes les connaissances en physiologie comme en pathologie, plusieurs croient reconnaître dans le σφυγμὸς du père de la médecine, ce que nous appelons le *pouls* des artères. Il est à peu près démontré que, sous ce nom, on confondait alors une foule de phénomènes différents, parmi lesquels étaient compris les soubresauts des tendons et les palpitations des muscles. Rufus d'Éphèse (2) passe pour être le premier observateur qui ait bien explicitement attribué le pouls à la contraction cardiaque.

Ce n'était pas assez d'avoir prouvé que le pouls est dû à l'afflux du sang artériel, il fallait rechercher en outre de quelle manière il est produit : s'il résulte de l'allongement de l'artère, comme le croyaient Arthaud (3), Parry (4), etc. ; de sa dilatation, comme l'admettaient Haller (5), Spallanzani (6), Hastings (7), etc. ; ou

(1) *Du pouls et des bruits vasculaires* (*Rec. cit.*, p. 273 et suiv., fig. 4). — *Recherches hydrauliques sur la circulation du sang* (*Annales des sciences naturelles*, Zoologie, 1858, p. 355 et suiv.).

(2) Σύνοψις περὶ σφυγμῶν, trad. de Daremberg. Paris, 1846.

(3) *Dissert. sur la dilatation des artères*. Paris, 1771.

(4) *Inquiry into the Nature of the Arterial Pulse*. London, 1816.

(5) *Elementa physiologiæ*, t. II, p. 238.

(6) *Expér. sur la circulation*, p. 395.

(7) *De vi contractili vasorum*, in-8. Édimbourg, 1818.

bien s'il est un effet complexe de ces causes réunies, opinion soutenue par Weitbrecht (1), par Lamure (2), et aussi par Bichat (3). Nous n'insisterons pas ici sur un historique qui ne serait propre qu'à faire ressortir les progrès de la physiologie dans les temps modernes. La pulsation artérielle correspond bien certainement à tous les phénomènes qui ont été décrits plus haut ; elle est, comme eux, une conséquence des mouvements rhythmiques du liquide sanguin, mais elle n'est constituée par aucune des causes précédentes.

Pouls artériel.

Le *pouls* est un choc perçu par le toucher à chaque augmentation de la tension artérielle par les afflux successifs du sang que lance le cœur.

Pour percevoir ce choc, il faut déprimer le vaisseau sous le doigt de manière à lui faire perdre sa forme cylindrique, grâce à laquelle chaque point résiste également à la tension intérieure. Cette déformation du vaisseau est une condition tellement indispensable, que, dans les opérations chirurgicales, on peut souvent avoir sous le doigt une artère sans en percevoir les battements : cela arrive lorsque le vaisseau, situé au milieu des parties molles, fuit sous le doigt sans pouvoir être arrêté par un plan résistant. Si l'artère radiale a été surtout choisie comme propre à la recherche du pouls, c'est qu'elle est facile à comprimer contre la face antérieure du radius.

Comme le soulèvement du doigt par le pouls est dû au changement qui s'opère dans la tension artérielle, la sensation de soulèvement offrira des variétés nombreuses suivant la nature du changement qui aura lieu dans cette tension à chaque contraction du cœur. Ce changement peut être lent ou rapide, de telle sorte que le soulèvement du doigt aura une durée variable, depuis le durcissement lent et graduel de l'artère jusqu'au choc brusque et violent.

L'ancienne médecine possédait une riche nomenclature des formes du pouls : les noms de pouls *vite* ou *lent*, *dur* ou *mou*, *dicrote*, *filiforme*, etc., exprimaient des variétés assez tranchées que l'on observe dans les maladies ; mais l'étude de ces caractères était presque tombée en désuétude et ces désignations presque oubliées, par suite de la difficulté de s'entendre sur leur valeur mal définie. La physiologie moderne a trouvé le moyen de rendre saisissables ces différents caractères, en les traduisant par un tracé graphique dont le type change avec l'état circulatoire du sujet observé. — C'est à Vierordt (4) qu'on doit la première idée d'un instrument qui, représentant la forme du pouls, puisse s'appliquer à l'homme : jusque-là l'emploi de tous les appareils exigeait une vivisection préalable.

Chacun avait vu, sans y attacher d'importance, les mouvements que les pulsations de l'artère poplitée produisent à l'extrémité de l'une des jambes, lorsqu'on tient celle-ci croisée sur l'autre. King (5) avait eu l'idée, pour étudier le pouls veineux, d'employer un levier très léger qui serait soulevé par chaque dilatation du vaisseau, et dont le grand bras oscillerait à chaque battement en exagérant son

(1) *Comment. Acad. Petropol.*, 1724 et 1735, vol. VII, p. 316.
(2) *Recherches sur la cause de la pulsation des artères.* Montpellier, 1769.
(3) *Anatomie générale*, 1801, t. I, p. 338.
(4) *Die Lehre vom Arterienpuls.*, p. 21. Braunschweig, 1855.
(5) King, *An Essay on the Safety-valv. Function of the right Ventricle of the Human Heart* (Guy's *Hospital Reports*, 1837, t. II, p. 107 et suiv.).

amplitude. Vierordt pensa à utiliser un mouvement de ce genre pour obtenir des tracés du pouls : en conséquence, il construisit un instrument dans lequel un levier, mis en mouvement par les battements artériels, va tracer, sur un cylindre tournant, des courbes dont chacune correspond à une pulsation de l'artère. Cet instrument a reçu le nom de *sphygmographe* (*).

Sur un double support, représenté dans la figure 20 par des lignes ponctuées, sont adaptés deux leviers de longueur inégale, *ab* et *fg*. Ces leviers sont articulés,

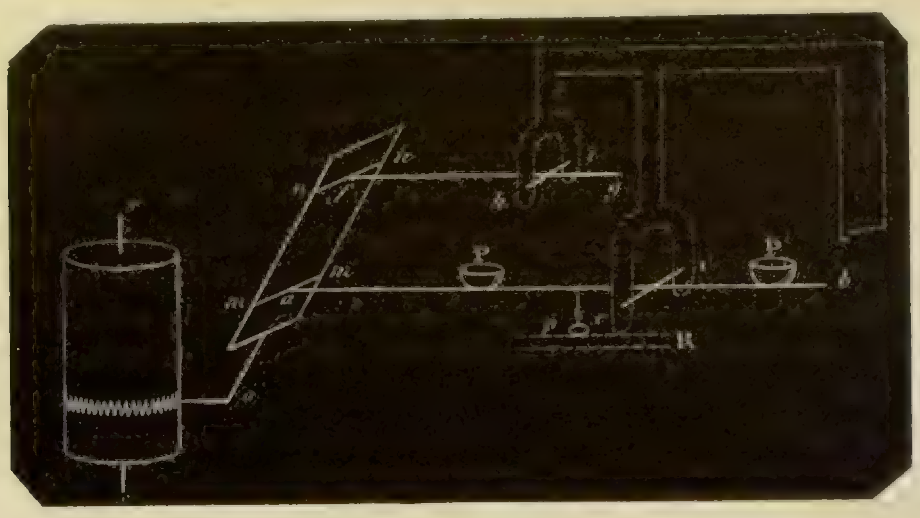


Fig. 20.

d'une part, avec leurs supports au moyen des axes *hi* et *ec*, d'autre part avec un cadre métallique par l'intermédiaire des axes *nn* et *mm*.

Ces articulations ont pour effet de corriger l'arc de cercle que décrirait un levier simple, et agissent en cela comme une sorte de parallélogramme de Watt. En effet, la tige *o*, qui se détache inférieurement du cadre métallique et porte un pinceau, oscille toujours verticalement dans les mouvements d'élévation et de descente des leviers. Un cylindre, tournant autour de l'axe *ss*, reçoit la trace des mouvements du pinceau comme dans le kymographion.

La disposition destinée à rendre bien verticales l'ascension et la descente du pinceau donne à l'ensemble des leviers un poids considérable que Vierordt équilibre au moyen d'une cupule P′ dans laquelle il place un contre-poids convenable. L'appareil étant équilibré, on place l'avant-bras au-dessous de lui, de façon que la petite plaque *p*, qui supporte une tige verticale dépendante du levier et située près du centre de mouvement, repose sur l'artère radiale dont la position est figurée par les lignes R ponctuées. Lors de chaque pulsation du vaisseau, l'instrument se comportera comme un levier interpuissant dont le grand bras décrira des mouvements amplifiés par sa longueur même.

Nous reproduisons ici, fig. 21, un des tracés que donne l'instrument de Vierordt : avec cette figure, on peut, connaissant la rapidité avec laquelle le cylindre tourne, calculer facilement le nombre des pulsations pour une minute.

Le pouls, dont on voit le spécimen, est parfaitement régulier. Mais, dans le cas où il y a des intermittences dans les battements du cœur, l'instrument les accuse par des intervalles plus ou moins grands entre deux pulsations consécutives. Lors-

(*) De σφυγμὸς, pouls, et γράφειν, tracer.

que les pulsations sont d'inégale intensité, l'instrument le montre également par l'inégale hauteur des différentes courbes du tracé.

Si l'on compare les courbes du *sphygmographe* à celles que C. Ludwig (1) ou Volkmann (2) ont obtenues avec le *kymographion*, on est frappé d'une différence très grande dans la forme de chacune d'elles prise isolément. Dans les instruments

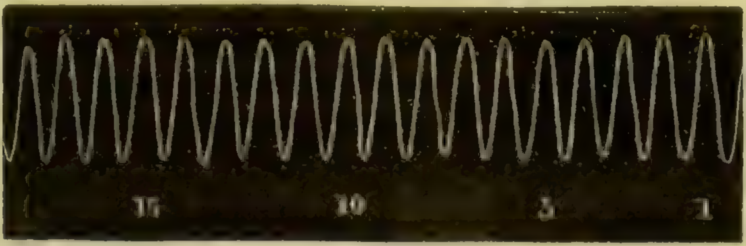


FIG. 21.

à colonne de mercure, la période d'ascension de la courbe est en général plus rapide que celle de descente ; dans les tracés de Vierordt, les deux moitiés de cette courbe ont la même durée. Marey (3) a signalé la cause de cette différence : d'après lui, c'est le sphygmographe qui donne une fausse idée de la forme de la pulsation, et c'est dans la masse trop grande du double levier oscillant qu'est la cause de cette erreur. Dans l'instrument de Vierordt, le levier, assez lourd par lui-même, est équilibré par un contre-poids ; puis, une charge additionnelle P (fig. 20) sert à presser sur le vaisseau avec assez de force pour que la pulsation se manifeste. Il en résulte une masse à mouvoir tellement considérable, que la force du pouls est insuffisante à produire le mouvement d'une manière instantanée, et que l'appareil n'éprouve plus que des oscillations lentes et sensiblement isochrones, comme celles d'une balance très chargée.

Pour remédier à cette cause d'erreur, Marey a construit un autre sphygmographe, dont le levier est d'une légèreté extrême, et dans lequel la pression sur le vaisseau s'exerce au moyen d'un ressort élastique : dès lors, la déformation de la courbe par l'inertie n'existe plus, et, comme résultat d'ailleurs prévu, on a la preuve que les deux moitiés de la pulsation ne sont pas égales. Avec ce nouvel instrument, on trouve les caractères du pouls assez analogues à ceux que fournissent les appareils à colonne de mercure. Comme on le verra, il a été modifié par son auteur pour s'appliquer spécialement à l'artère radiale, de telle sorte qu'on peut étudier sur l'homme, non plus seulement, comme avec le sphygmographe de Vierordt, la fréquence, le rhythme et la régularité du pouls, mais aussi toutes les variétés de forme de la pulsation, ce que le doigt n'est pas apte à apprécier d'une manière exacte.

Ayant repris les études hydrauliques indispensables pour l'intelligence du mouvement du sang dans les vaisseaux, voici comment Marey institua l'expérience dans le but d'établir la théorie du mouvement pour chaque afflux nouveau du liquide dans les conduits élastiques.

Un tube de caoutchouc, de deux ou trois mètres de longueur, constitue le conduit élastique dans lequel on veut étudier la transmission du mouvement en

(1) *Mém. cité.*
(2) *Hämodynamik*, etc., pl. IV, V, VI, VII, VIII.
(3) *Recherches hydrauliques sur la circulation du sang* (*Ann. des sc. nat.*, 1858, p. 331).

différents points de son étendue. Ce tube est adapté à une boule de caoutchouc B qui offre dans son intérieur deux valvules s'ouvrant du côté du tube, de telle sorte que lorsqu'on la presse entre les mains, le liquide est lancé dans le tube comme le sang l'est dans l'aorte à chaque systole du ventricule. Quand la boule n'est plus pressée, elle revient à sa capacité primitive en aspirant de l'eau du vase V au moyen d'un large conduit qui plonge dans ce liquide. L'extrémité terminale du tube de caoutchouc, qui représente un vaisseau artériel, est munie d'un ajutage étroit correspondant aux voies capillaires, et par lequel se verse l'eau dans le vase même où elle a été puisée. Comme les soupapes de la

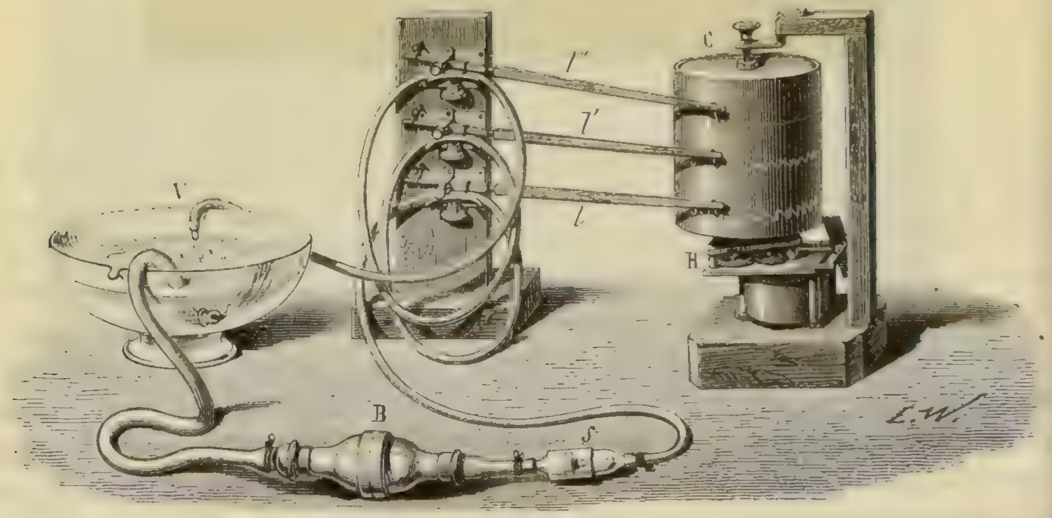


FIG. 22.

boule B ne sont pas toujours assez parfaites pour s'opposer au reflux, on place au point *s*, c'est-à-dire entre la boule et le tube élastique, une valvule très hermétique qui correspond aux valvules sigmoïdes de l'aorte. Si l'on palpe le tube pendant qu'on y envoie des ondées successives de liquide en comprimant la boule B à intervalles égaux, on sent des pulsations identiques avec celles que donne le toucher d'une artère. Ces pulsations sont de moins en moins sensibles à mesure qu'on explore un point plus éloigné de la boule.

Reste à déterminer d'une manière exacte la forme des pulsations en différents points du tube, afin de déduire les transformations qu'y éprouve le mouvement du liquide dans son trajet d'une extrémité à l'autre. A cet effet, Marey fait passer le tube sous trois sphygmographes, de telle sorte que chacun d'eux indique la forme de la pulsation en un point différent. Les trois instruments sont, ainsi que le montre la figure, portés sur un même support : comme ils sont exactement semblables entre eux, nous n'en décrirons qu'un seul.

Une plaque de métal supporte une gouttière dans laquelle on loge le tube, et qu'on peut, à l'aide d'une vis placée au-dessous d'elle, élever plus ou moins, de manière que la dilatation du tube soulève le levier *l* de l'instrument. Ce levier *l* a deux bras inégaux. Le plus petit est constamment tiré en haut par une bandelette de caoutchouc tendue et fixée par un clou sur le support. Le grand bras de levier, qui tend conséquemment à s'abaisser avec une force proportionnelle à la traction de la bandelette élastique, est formé par une longue tige de bois d'une minceur extrême, et obéit immédiatement à toute impulsion ; dans le voisinage de son centre de mouvement, il presse sur le tube, tandis que son extrémité libre décrit

des mouvements amplifiés d'ascension et de descente, suivant que le tube se dilate ou se resserre. Cette extrémité porte une pointe légère qui trace des courbes sur un cylindre C, qu'un mouvement d'horlogerie H fait tourner de droite à gauche.

Les trois leviers l, l', l'', sont de longueur égale et de direction parallèle, de telle sorte que les pointes écrivantes soient situées toutes trois sur une même ligne verticale. De cette manière, les mouvements de levier qui se passeront en même temps laisseront leur trace sur le cylindre C dans une verticale commune.

L'instrument étant mis en marche, et son tracé étant recueilli sur du papier gradué pour en bien saisir les détails, on obtient, si la tension est forte, la figure ci-jointe (fig. 23) :

Le tracé inférieur est fourni par le sphygmographe le plus rapproché de l'orifice d'entrée du tube. D'après l'inspection de la figure, on est amené à dire : 1° La pulsation commence partout en même temps ; seulement son maximum arrive d'autant plus tard qu'on s'éloigne davantage de l'orifice d'entrée du tube : il n'y

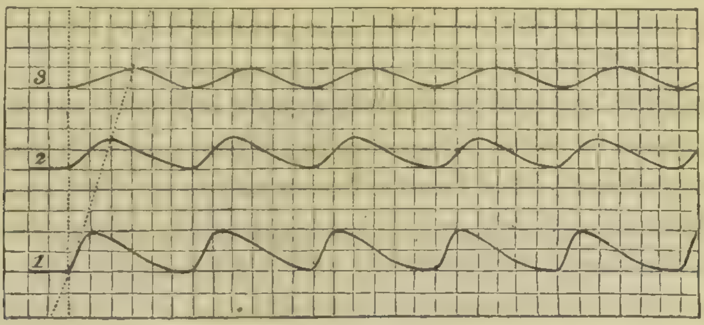


Fig. 23.

a donc dans les points éloignés qu'un *retard apparent* de la pulsation. — 2° Sous l'influence de l'élasticité du tube, la pulsation diminue d'amplitude, mais elle gagne en durée ce qu'elle perd en intensité : ainsi le levier, dans les points éloignés, s'élève moins haut, mais pendant plus longtemps que dans les points rapprochés de l'orifice d'entrée.

La ligne d'ensemble des niveaux des pulsations s'élève et s'abaisse, suivant que la tension du liquide contenu dans le tube s'élève ou s'abaisse elle-même. Conséquemment, on a pu constater, à l'aide de l'appareil dont il s'agit, que toute augmentation dans l'afflux du liquide élève la tension principalement dans les points du tube situés près de l'orifice d'entrée ; que toute diminution dans la facilité de l'écoulement élève la tension surtout du côté de l'orifice de sortie. Ces deux propositions avaient déjà été établies à l'aide du *manomètre compensateur* (1).

Ces premières expériences permettent déjà de faire des applications à la circulation sanguine. On peut, en effet, déduire les propositions suivantes :

1° L'*élasticité artérielle*, qui transforme l'afflux intermittent des ondées sanguines lancées par le cœur en un écoulement continu à travers les capillaires, modifie la forme de la pulsation suivant qu'on l'étudie dans un point plus ou moins rapproché du cœur.

2° Plus la pulsation est transformée par l'élasticité artérielle, plus elle perd en amplitude, tandis que sa période d'augment gagne en durée.

3° L'action transformatrice que l'élasticité artérielle exerce sur le caractère de

(1) Marey, *Annales des sciences naturelles*, 1857, t. VIII, p. 537.

la pulsation est, à l'état sain, en raison de la distance entre le cœur et l'artère ob servée. Mais si le vaisseau offre sur son trajet un renflement ampullaire à paro élastiques, l'intervention de cette grande surface extensible transforme la pulsatio comme le ferait une grande longueur de tube. On peut voir, avec l'appareil décr fig. 22, que si, près de l'orifice d'entrée du conduit, on place une de ces am poules de caoutchouc, la pulsation est supprimée au-dessous d'elle dans tout l reste du tube.

C'est par cette action transformatrice que Marey explique la *suppression d pouls par les anévrysmes* dans toute la partie du vaisseau située en aval de la poch anévrysmatique. On attribuait généralement à l'existence de caillots dans la poch cette suppression du pouls, tandis qu'il est évident que c'est à l'élasticité des pa rois de cette poche qu'on doit rapporter ce phénomène. La circulation n'est pa interrompue, mais son mouvement est régularisé, et comme le pouls est un effet de changements alternatifs dans la tension, il cesse d'exister dès que celle-ci est rendu uniforme. — On a vu un anévrysme de l'aorte supprimer le pouls dans toutes le artères du corps, et néanmoins la circulation continuait à se faire (1).

Il est une condition qui exerce une très grande influence sur le cours du san dans le système artériel : *c'est le degré de la tension moyenne dans les artères.*

Lorsque le cœur se vide dans l'aorte, il rencontre une résistance d'autant plu grande que la tension artérielle est plus considérable ; et si celle-ci s'abaisse au dessous d'un certain degré, la systole du ventricule se produit avec une rapidit extrême, sans que le cœur dépense plus de force que de coutume. Alors, l'ondé lancée dans l'aorte prend une grande vitesse, et son mouvement se fait dans de conditions différentes de celles qui s'observent dans les cas de forte tension. Cett forme de mouvement s'accompagne toujours d'un phénomène particulier conn sous le nom de *dicrotisme du pouls.*

C'est encore au moyen d'expériences physiques que Marey est arrivé à établi cette variété de mouvement du sang dans les cas de faible tension artérielle, e à déterminer les conditions d'existence du *pouls dicrote*, c'est-à-dire dans lequel le doigt, appliqué sur l'artère radiale, perçoit deux pulsations pour une seule contraction du cœur.

Lorsque, dans l'appareil précédent (fig. 22), on rend la tension du liquide très faible au moyen d'un ajutage d'écoulement large, on voit que les pulsations ne se correspondent plus pour leur début, et qu'il y a un retard réel dans la transmission du pouls. C'est qu'à ce moment il y a une translation de la colonne liquide elle-même, et que celle-ci, cheminant tout d'une pièce, met un certain temps à s'avancer d'un bout à l'autre du tube. La translation de la colonne liquide, en vertu de la vitesse acquise, est rendue évidente au moyen du vide qu'elle laisse derrière elle, et qui se traduit, lorsqu'on met un manomètre à la partie initiale du tube, par une aspiration du mercure dont la colonne s'abaisse au-dessous du zéro. Si le tube employé a des parois assez minces, on peut le voir s'affaisser sous la pression atmosphérique, aussitôt après le passage de l'ondée. — Dans son parcours, la colonne liquide rencontre des obstacles, surtout si le tube se rétrécit brusquement au niveau de son ajutage d'écoulement. Le liquide, après avoir distendu les parties terminales du tube, reflue alors vers l'orifice d'entrée ; une

(1) *Moniteur des hôpitaux*, 1857, n° 74, p. 388.

nouvelle augmentation de tension a lieu dans ces points; une seconde pulsation est perçue par le toucher. C'est là un véritable dicrotisme, c'est-à-dire deux pulsations perçues pour un seul afflux. — Ordinairement, la partie terminale du tube n'offre qu'une pulsation, parce que c'est à ce point que la réflexion a lieu; il arrive là, suivant la comparaison de Marey, ce qu'on observe dans l'*écho d'un son.* Dans ce dernier cas, on n'entend qu'un seul bruit lorsqu'on se place à la muraille réfléchissante. — Quelquefois néanmoins le liquide reflue une seconde fois des régions initiales du tube vers les régions terminales, qui offrent ainsi du dicrotisme, mais à un degré beaucoup plus faible.

Dans la circulation sanguine, l'itinéraire de la colonne liquide est le suivant : Le sang, lancé par le cœur gauche dans un système artériel où la tension est faible, prend une grande vitesse, fuit les régions initiales de l'aorte, après avoir envoyé une première pulsation dans les artères qui en émanent; arrivé dans la région iliaque, un obstacle soudain, le rétrécissement subit des voies sanguines, arrête sa marche. Les parties terminales de l'aorte se distendent sous l'influence de cet afflux; puis, quand la force vive s'est épuisée, l'*élasticité* réagit pour produire le reflux, et la colonne sanguine remonte du côté du cœur; lorsqu'elle revient augmenter la tension dans les régions initiales de l'aorte, une nouvelle pulsation est envoyée dans toutes les artères qui émanent de ce point.

La clinique fournit son appui à cette théorie du dicrotisme : Beau a montré que, dans les maladies qui s'accompagnent de dicrotisme du pouls, comme la fièvre typhoïde, etc., le pouls est simple à la fémorale, tandis qu'il est double à la radiale, et en général à toutes les artères dont les troncs naissent de la crosse de l'aorte. — En examinant le pouls de l'artère fémorale avec des instruments délicats, on peut pourtant y touver un léger degré de dicrotisme, qui n'est jamais, à beaucoup près, aussi prononcé que dans les artères des membres supérieurs et de la tête.

Conformément à la méthode à laquelle il s'était astreint dans toutes ses expériences, Marey a reproduit artificiellement, dans des tubes élastiques, le *pouls dicrote.*

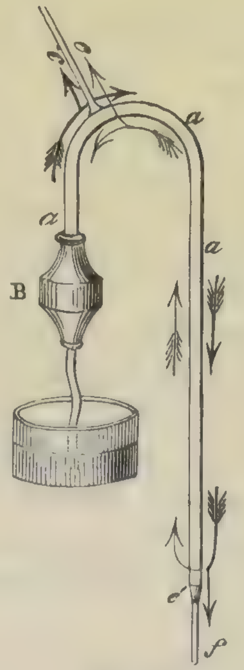


Fig. 24.

Un large tube *aa* (fig. 24), représentant l'aorte, se trouve en rapport, par l'une de ses extrémités, avecla boule de caoutchouc B munie de deux soupapes; celle-ci est destinée, quand on la comprime avec la main, à envoyer dans le tube une ondée de liquide, et joue, par conséquent, dans l'appareil, le rôle du cœur dans la circulation. A son autre extrémité, le tube *aa* se termine par un ajutage d'écoulement *f* qui produit, par son étroitesse, une résistance au passage du liquide, et conséquemment agit comme le font, dans la circulation sanguine, les résistances à vaincre dans les artères des membres inférieurs. Sur la convexité de la crosse formée par le tube *aa*, sont branchés un ou plusieurs tubes *c* qui, par leur position et leur direction, imitent les artères de la tête et des membres supérieurs, nées de la crosse de l'aorte.

L'appareil étant ainsi disposé, si l'on comprime la boule B de manière à lancer une ondée de liquide dans le tube *aa*, on a, dans le tube *c*, une double pulsation

perceptible à l'aide d'un manomètre ou d'un sphygmographe, c'est-à-dire un pouls dicrote. Le tube *f*, au contraire, ne donne qu'une seule pulsation bien marquée; si le dicrotisme s'y observe, il y est bien moins sensible. Ces résultats d'une expérience physique parfaitement d'accord avec ce que l'on constate sur l'homme sont bien faits pour montrer qu'il y a identité de nature entre le dicrotisme du pouls et le reflux du liquide qui a lieu dans l'expérience ci-dessus. — La direction des flèches indique, dans la figure, les deux mouvements alternativement centrifuge et centripète de la colonne liquide dans les différentes parties du tube.

La production du dicrotisme s'effectue d'autant mieux, que la tension artérielle est plus faible : c'est une conséquence de ce que nous savons déjà de l'influence de la faible tension sur la nature du mouvement du liquide, cette faible tension permettant seule à la colonne sanguine de prendre cette vitesse acquise qui produit le va-et-vient d'où résulte le dicrotisme.

Nous avons déjà signalé (*) la modification fondamentale que Marey a apportée dans la construction du *sphygmographe*, et qui lui a permis, en opérant sur des tubes élastiques, de déterminer les lois de la transmission du mouvement du sang dans les artères. Cet expérimentateur a construit, sur le même principe, un instrument qu'on peut aisément adapter à l'artère radiale de l'homme, avec lequel aussi il est facile d'opérer sur des tubes élastiques, de manière à contrôler l'un par l'autre l'expérimentation physique pure et les résultats obtenus sur l'homme.

Dans cette figure l'instrument est réduit au tiers de sa grandeur réelle.

Le cadre métallique qui le supporte s'articule sur les côtés avec des ailes mobiles BBB. Ces parties forment dans leur ensemble une gouttière qu'on rend à volonté plus ou moins concave, et qui s'applique exactement sur l'avant-bras ; on l'y fixe à l'aide d'un lacet dont les anses sont jetées alternativement d'un côté à l'autre de cette gouttière, sur de petits crochets qu'elle porte à cet effet. Les anses du lacet complètent donc par en bas cette sorte de brassard qui se trouve fortement assujetti.

La pression exercée sur l'artère, pour développer la pulsation, n'est pas obtenue par un poids dont la masse à mouvoir déformerait le tracé comme dans l'appareil de Vierordt, mais au moyen d'un ressort d'acier RR qui, fixé en arrière du cadre métallique, descend obliquement pour appuyer sur le vaisseau au moyen d'une petite plaque d'ivoire. Il est évident, dans cette disposition, que les conditions d'inertie sont supprimées, que le ressort obéira instantanément à l'expansion du vaisseau sur lequel il repose : reste à amplifier et à tracer ce mouvement sans le déformer.

La pression sur l'artère étant produite, on peut donner au levier L la plus grande légèreté ; aussi, dans l'instrument, est-il formé par une mince tige de bois terminée à son extrémité libre par une lamelle d'acier extrêmement ténue. A la place du cylindre tournant employé dans les appareils à indications continues, et qui, avec son moteur, occupe un volume considérable, l'auteur emploie une plaque de verre enfumée P qu'un mouvement d'horlogerie, H, placé en arrière du brassard, fait mouvoir dans une rainure.

Lorsque l'appareil est appliqué sur l'avant-bras, suivant que le sujet a l'artère

(*) Voir ci-dessus, p. 829.

radiale plus ou moins profondément située, il existe entre le levier et le ressort qui presse sur le vaisseau un intervalle plus ou moins large. Il fallait donc que la pièce qui doit transmettre le mouvement du ressort au levier eût une hauteur

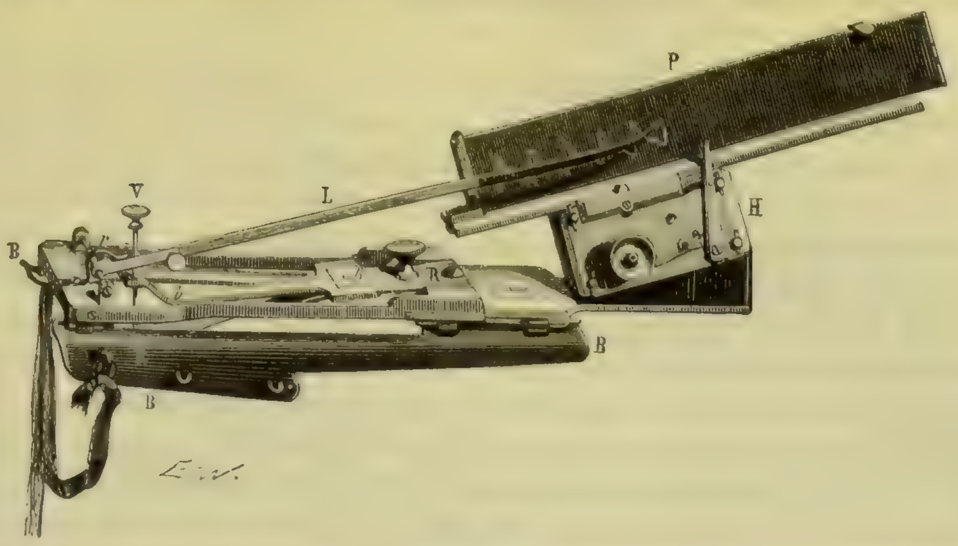


Fig. 25.

variable comme l'intervalle lui-même. A cet effet, une pièce mobile *bb*, basculant près de la base du ressort, porte à son extrémité libre un couteau qui soulève le levier; près du même point, elle est traversée verticalement par une vis V dont la pointe repose sur le ressort R, et qui transmet le mouvement au couteau. On peut ainsi, en tournant plus ou moins la vis, établir dans tous les cas la transmission du mouvement du ressort au levier.

Enfin, comme le levier est très léger, il fallait assurer sa descente : ce résultat est obtenu à l'aide d'un petit ressort *r* qui presse sur lui, et a en outre pour effet de l'empêcher d'abandonner jamais le couteau qui le soulève, et d'être projeté en l'air lorsque le pouls est brusque et fort.

Quand on veut, à l'aide de ce sphygmographe, étudier la forme du *pouls artificiel* obtenu avec des tubes de caoutchouc, on se sert d'une pièce de bois dont la forme arrondie, comme celle de l'avant-bras, permet l'adaptation du brassard. Cette pièce présente, à sa partie supérieure, une rainure dans laquelle est logé le tube dont on se propose d'examiner les pulsations, de manière que le ressort puisse presser sur lui comme il le fait sur l'artère radiale.

La tension artérielle change à chaque instant selon les différentes conditions physiologiques, et entraîne ainsi des changements dans la forme du pouls, qu'il était important de bien connaître.

C'est par des expériences sur le pouls artificiel, dans lesquelles il a pu faire varier à son gré telle ou telle condition, que Marey a cherché la solution de cette question importante. Les résultats qu'il a obtenus nous paraissent offrir toute la netteté désirable. — A égale force d'impulsion du liquide, l'état de la tension dans le tube se traduit par des changements caractéristiques dans l'amplitude et la forme du tracé obtenu. Il est toujours facile de graduer la tension dans le tube sur lequel on opère, sans rien changer à la force d'afflux : pour cela, on adapte à l'orifice d'écoulement du liquide des ajutages plus ou moins étroits.

La figure 26 montre les changements survenus dans la forme des pulsations

sous l'influence d'accroissements de tension obtenus à l'aide d'ajutages différents, de plus en plus étroits.

La force d'afflux est restée constante; la pression sur la boule qui simule l'action du cœur était produite par la chute d'un poids d'une hauteur toujours la même.

A. — *L'amplitude de la pulsation est en raison inverse de la tension artérielle.* — La figure 26 montre, en effet, cette amplitude toujours de plus en plus petite du premier tracé au quatrième. Ce n'est pas seulement avec le sphygmographe que l'on peut constater ce fait; un manomètre, appliqué au tube, montre que l'amplitude des oscillations est toujours en raison inverse de la tension. Enfin, en palpant le tube à la manière d'une artère dont on tâte le pouls, on constate que, dans le cas de tension forte, les pulsations sont peu sensibles et que le tube est constamment dur au toucher. Dès que la tension baisse, les pulsations deviennent de plus en plus perceptibles, et le tube, dépressible dans l'intervalle de deux pulsations consécutives, se durcit brusquement à chaque afflux du liquide et frappe le doigt avec force. — On verra plus loin comment on arrive, sur l'artère radiale de l'homme, à obtenir des résultats tout aussi précis que ceux des expériences dont nous parlons. Montrons que, dans les recherches d'hémométrie faites par les différents

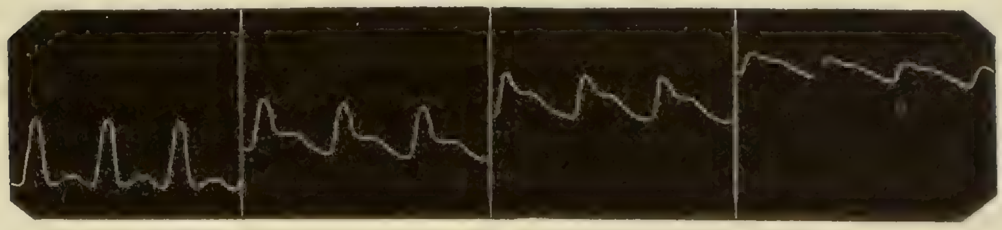


FIG. 26.

physiologistes, et dans les observations cliniques elles-mêmes, on trouve la confirmation de cette première loi.

Cl. Bernard (1), ayant appliqué un manomètre à la carotide de divers animaux, a constaté que, dans certaines expériences où il voyait la hauteur manométrique augmenter, l'amplitude des oscillations de la colonne de mercure diminuait en même temps. Ainsi, dans l'opération de la transfusion du sang, dans l'effort, dans la pléthore, etc., ce physiologiste, reconnaissant avec Poiseuille deux sortes de tension (l'une constante, appartenant aux vaisseaux, l'autre variable, produite par l'impulsion du cœur), a admis que, dans ces cas, la force du cœur avait varié en raison inverse de la tension artérielle. — Dans ces variations de l'amplitude des oscillations suivant la tension artérielle plus ou moins forte, il peut y avoir une constance parfaite dans la force d'afflux du liquide, seulement le mouvement est réparti d'une autre manière. Quand la tension est forte, l'ondée ventriculaire ne pénètre qu'avec peine et lenteur dans le système artériel, et dès lors le changement que son afflux amène dans l'état de la tension gagne en durée ce qu'il perd en intensité. Ce fait s'expliquera mieux lorsque nous analyserons la forme du pouls.

Les cliniciens ont signalé un phénomène qui ne s'explique bien que par l'in-

(1) *Leçons sur les propriétés physiologiques et les altérations pathologiques des liquides de l'organisme.* Paris, 1859, t. I, p. 194 et 208.

fluence de la tension artérielle sur l'amplitude du pouls. Sous le nom vague d'*oppression des forces*, ils ont désigné un état de la circulation qu'on observe dans certaines maladies, et dans lequel le pouls est peu perceptible au toucher. Si, en pareil cas, on pratique une saignée, le pouls reprend de la force. — La saignée fait baisser la tension artérielle : les expériences de Hales (1) l'ont démontré de la manière la plus péremptoire, et ce physiologiste a constaté lui-même que la force du pouls augmente quand la tension baisse. Or, il semble tout naturel d'expliquer par l'abaissement qui se produit alors dans la tension, la force plus grande que prend le pouls à la suite de la saignée (2).

Hales pensait que, dans la force du pouls, on trouve une expression de la force de l'animal : dès lors comment comprendre qu'en affaiblissant cet animal au moyen d'une saignée, le pouls prenne une force plus grande? Voici les subtilités de raisonnement à l'aide desquelles il croit arriver à une explication : « Un animal, dit-il, a deux espèces de forces, l'une *actuelle*, celle qu'il dépense, l'autre qu'il tient en réserve pour les besoins, et qui, ajoutée à la première, constitue la force *totale*. Quand l'animal est affaibli par une saignée, la force du pouls augmente, parce que la nature vient puiser dans la force en réserve, et que cet emprunt, passant à sa dépense, devient de la force *actuelle*. »

B. — *La forme du pouls est modifiée par l'état de la tension artérielle.* — Si la tension artérielle est forte, la ligne d'ascension sera plus courbe en général, le sommet de la courbe sera moins aigu, la ligne de descente convexe, et il n'y aura que peu ou pas de dicrotisme.

Tous ces faits s'expliquent mécaniquement comme il suit : — La ligne d'ascension, un peu plus courbe, exprime une plus grande durée de la systole ventriculaire ; elle est due à ce que le cœur n'envoie pas son ondée d'une manière aussi brusque, lorsque la forte tension artérielle lui oppose une grande résistance. — La tension, une fois portée à son maximum, y est maintenue pendant la durée de l'impulsion ; dès lors, au lieu de présenter un sommet aigu, comme dans le cas de tension faible, la pulsation de tension forte présente à son sommet un plateau dont la longueur est d'autant plus grande que la systole du cœur met plus de temps à s'effectuer. — La descente moins rapide signifie que, l'écoulement étant difficile, cette même raison qui rend la tension élevée rend la décroissance de tension plus lente dans l'intervalle qui sépare deux pulsations consécutives. — Enfin, le dicrotisme n'arrive que quand la tension n'est pas très forte, car il est la conséquence de la grande vitesse que prend la colonne liquide dans les cas seulement où la tension est assez faible pour permettre une brusque systole du ventricule.

S'il était indispensable d'établir, à l'aide d'expériences hydrauliques, les lois relatives au changement de forme du pouls suivant l'état de la tension, il l'était également de contrôler les résultats obtenus par des observations faites sur l'homme.

Marey appliqua donc son sphygmographe à l'artère radiale, et chercha les moyens les plus simples de faire varier la tension, afin de voir si les modifications

(1) HALES, *Hæmastatique*, etc., trad. de Sauvages. Genève, 1774, in-4.
(2) MAREY, *Du pouls et des bruits vasculaires* (*Journal de physiologie de l'homme et des animaux*, 1859, p. 429).

du pouls correspondaient aux changements de tension suivant le rapport trouvé dans les précédentes expériences.

Le schéma de Weber (*) montre comment l'obstacle, placé au milieu du circuit vasculaire, produit dans la première moitié de ce cercle une élévation de tension d'autant plus grande qu'il offre plus de résistance au passage du liquide. Cet obstacle, comme on le sait, est destiné à imiter celui que le sang artériel rencontre dans les petits vaisseaux avant de pénétrer dans le système veineux. Disons, par anticipation, que ces voies capillaires n'ont pas toujours le même degré de perméabilité : si elles se dilatent, le sang artériel s'écoule plus vite ; si elles se resserrent, il passe avec plus de difficulté. Dans le premier cas, la tension artérielle baisse, elle s'élève dans le second. — Parmi les nombreux agents qui font varier le calibre des petits vaisseaux, et dont il sera question à propos de la *contractilité* des artères, la chaleur et le froid produisent des effets entièrement opposés : la chaleur dilate les petits vaisseaux et fait baisser la tension ; le froid les fait contracter, et conséquemment produit une tension artérielle plus élevée. L'emploi de ces deux moyens, pour faire varier le diamètre des vaisseaux, offre en outre l'avantage de localiser ses effets à la périphérie du système vasculaire, et d'influencer vraisemblablement très peu l'innervation ou la force contractile du cœur.

En opérant dans ces conditions et en étudiant comparativement les tracés du pouls, lors de l'application du froid et de la chaleur à la surface du corps, Marey a obtenu deux types du pouls qui offrent des caractères opposés, et qui se rapportent l'un à la tension forte, et l'autre à la tension faible.

Une douche froide étant reçue pendant une minute, et le corps restant exposé à l'air froid sans être essuyé, on obtient le tracé suivant, dans lequel se reconnaissent les caractères de la forte tension (fig. 27).

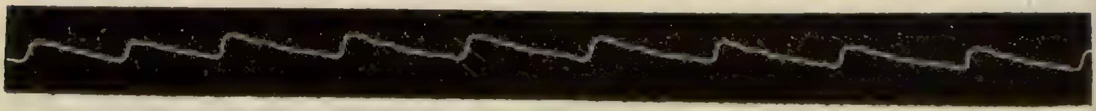


FIG. 27.

Si, au contraire, on reste chaudement vêtu dans une chambre très fortement chauffée, au bout du temps nécessaire pour que la dilatation des vaisseaux se produise (ce qui s'accuse par la rougeur et la turgescence des extrémités), on obtient le tracé ci-dessous qui exprime l'abaissement de la tension artérielle (fig. 28).

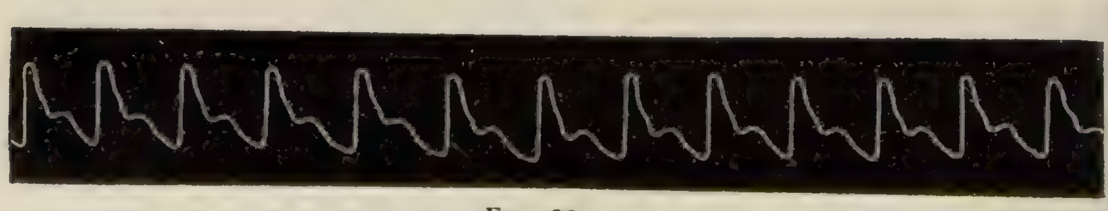


FIG. 28.

Enfin, pour se mettre encore plus à l'abri des influences qui pourraient troubler l'état général, on peut provoquer les changements de la tension artérielle d'une ma-

(*) Voyez ci-dessus, p. 764.

nière plus mécanique, en comprimant une ou plusieurs artères volumineuses. Cela revient à soustraire à l'écoulement du sang artériel une large voie par laquelle il passait dans le système veineux. En rendant, par la compression, ce passage plus difficile, on augmente nécessairement la tension dans les artères. Réciproquement, lorsqu'on a ainsi élevé la tension, on la fait baisser à volonté en cessant la compression et en rendant perméables les artères oblitérées.

Le sujet étant couché sur le dos et l'instrument appliqué sur son artère radiale, on comprime fortement les deux artères fémorales en ayant soin d'éviter de déterminer de la douleur, ce qui pourrait amener des perturbations dans l'état circulatoire. Lorsque la compression a duré quelques instants et que la tension s'est élevée dans le système artériel, on fait marcher l'instrument, qui donne le tracé du pouls avec les caractères de la forte tension. Dès que la plaque du sphygmographe est ar-

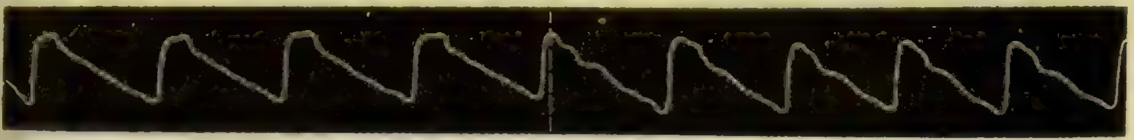


FIG. 29.

rivée à la moitié de sa course, on cesse la compression, et l'on constate que la tension s'abaisse; ce dernier effet se traduit non-seulement par l'abaissement du niveau général des courbes, mais aussi par leur plus grande amplitude, par l'apparition du dicrotisme et la concavité de la ligne de descente.

On a vu, à propos des influences qui font varier la fréquence des battements du cœur, que cette fréquence est en raison inverse de la résistance qu'éprouve la systole du ventricule. La tension artérielle, qui presse sur les valvules sigmoïdes de l'aorte, constitue cet obstacle à la contraction ventriculaire; plus elle sera élevée, moins les battements du cœur devront être fréquents. Les deux figures précédentes montrent clairement l'exactitude de cette loi. La fréquence du pouls s'évalue, dans les tracés, d'après le nombre des courbes inscrites sur une longueur donnée de la plaque, puisque celle-ci chemine toujours avec la même vitesse. En recherchant la fréquence du pouls dans la figure 27, où la tension artérielle était forte, on voit qu'elle était de 9, seulement pour la longueur totale du tracé. Dans le cas où la tension était faible (fig. 28), la fréquence est de 13 pour la même longueur de tracé, c'est-à-dire pour la même durée. Dans la figure 29, on peut voir également que la fréquence du pouls a changé avec la tension, et que, pendant la compression des artères fémorales, le cœur battait moins souvent que quand on eut cessé cette compression. Si, en effet, on prend avec un compas la mesure de quatre pulsations de la première moitié du tracé et qu'on reporte cette longueur sur la seconde moitié, on trouve que, dans cette même étendue, il y a un plus grand nombre de pulsations : ainsi, quand la tension était élevée, les battements du cœur étaient moins fréquents que lorsqu'elle s'est abaissée.

Les expériences de Hales (1) confirment la théorie de la fréquence du pouls, dans laquelle cette fréquence serait en raison inverse de la tension artérielle. Ce grand observateur a vu que, chez le cheval, la tension normale est représentée par une colonne sanguine qui s'élève dans le manomètre à une hauteur de 8 pieds

(1) *Ouvr. cit.*, p. 5.

3 pouces anglais. Dans ces conditions, la fréquence du pouls est de 40 pulsations par minute. Si, au moyen de saignées, on fait baisser graduellement cette tension jusqu'à 2 pieds 4 pouces, le pouls prend une fréquence croissante et arrive à 100 pulsations et au delà par minute.

Contractilité des artères.

Tous les physiologistes ont reconnu que les artères offrent, dans certaines circonstances, des changements notables de diamètre : tantôt elles sont larges et distendues par le sang, tantôt elles reviennent sur elles-mêmes, au point que leur calibre s'efface presque entièrement. Quelle est la cause immédiate de pareils changements? Beaucoup d'observateurs les ont considérés comme résultant simplement de l'élasticité du vaisseau artériel, qui se laisse dilater quand la tension intérieure est considérable, et qui revient sur lui-même dès que cette tension diminue. D'autres physiologistes ont admis dans les artères une contractilité propre, analogue à celle du tissu musculaire; quelques-uns sont même allés jusqu'à supposer que ces vaisseaux se contractent et se relâchent alternativement, et que, sous l'influence de ces mouvements rhythmés, la propulsion du sang s'opère dans les tissus de l'économie, les artères jouant ainsi le rôle de cœurs périphériques (1).

C'est entre ces deux opinions extrêmes que se trouve la vérité. Les artères sont réellement contractiles, c'est-à-dire que, par suite de l'action nerveuse ou d'un stimulant directement porté sur elles, on les voit se resserrer activement et faire obstacle au passage du sang à leur intérieur. Cette contractilité, généralement admise aujourd'hui, fut bien longtemps méconnue; puis, lorsqu'elle eut été rendue évidente, on se fit une fausse idée de ses effets physiologiques.

Le nom de *contractilité*, donné à cette propriété en vertu de laquelle les artères peuvent modifier *activement* leur diamètre, doit être nettement défini. Bichat refusait aux artères tout rôle actif dans leurs changements de calibre, et pourtant il disait qu'elles sont contractiles : par ce mot, Bichat n'entendait évidemment désigner que l'élasticité. D'autres auteurs accordaient aux artères la propriété d'être *irritables*, c'est-à-dire de réagir lorsqu'on leur applique des stimulants directs : sous cette dénomination, ils comprenaient ce que nous appelons maintenant la *contractilité*.

Le débat relatif à l'existence de la contractilité vasculaire dura longtemps, chaque parti s'appuyant, pour l'admettre ou pour la rejeter, sur des expériences qu'il jugeait concluantes. Haller (2), qui d'abord avait reconnu que les artères sont irritables, parut en définitive se laisser entraîner à l'opinion contraire : « Quoique, dit-il, je ne nie pas absolument l'irritabilité des artères, je ne vois pas que mes expériences l'établissent. » Bichat (3) nia formellement la contractilité artérielle, et les recherches anatomiques de Mascagni (4), qui n'avait pu trouver dans l'aorte et les grosses artères l'élément contractile, semblaient justifier ces opinions. La chimie elle-même (5) avait montré que la tunique moyenne des artères diffère, par

(1) Voir Sénac, *Traité de la structure du cœur, etc.*, 2e édit. Paris, 1777, t. II, p. 193.
(2) *Mémoires sur la nature sensible et irritable des parties du corps animal*, t. I, p. 57. Lausanne, 1756.
(3) *Anatomie générale*, 1801, t. I, p. 336.
(4) *Prodromo della grande anatomia*, vol. I, p. 192.
(5) Berzelius, *Traité de chimie*, t. VII, p. 84, trad. franç.

sa composition, du tissu musculaire proprement dit. Enfin Magendie (1), posant une ligature sur une artère et voyant la partie du vaisseau située au-dessous se vider dans le système veineux, n'admit dans ce phénomène qu'un pur effet de l'élasticité vasculaire.

Aucun des arguments sur lesquels s'appuient les adversaires de la contractilité artérielle n'est inattaquable. Une de leurs premières fautes, c'est d'avoir voulu absolument chercher la contractilité, et le tissu qui la possède, dans les plus grosses artères de l'économie. C'est, en effet, à l'aorte et à ses plus grosses divisions qu'ils se sont adressés dans le but de trouver le maximum de développement de chacune des tuniques vasculaires avec ses propriétés spéciales : or, il est démontré aujourd'hui que la contractilité artérielle, presque nulle dans le voisinage du cœur, acquiert son maximum d'action dans les artères les plus petites. Il n'est donc pas étonnant que des irritations portées sur les troncs volumineux les aient trouvés réfractaires. Les résultats de l'expérimentation s'accordent d'ailleurs parfaitement avec ceux de l'observation anatomique : dans les gros troncs artériels, les éléments musculaires de la tunique moyenne sont en très petite proportion, relativement aux fibres élastiques ; c'est le contraire qui s'observe dans les ramuscules artériels où les fibres contractiles deviennent si nombreuses, qu'elles en constituent presque à elles seules la tunique intermédiaire. — Les différences trouvées par la chimie entre la composition de la tunique moyenne des artères et celle des muscles proprement dits ne prouvent à la rigueur qu'une seule chose, c'est que ces tissus ne sont pas semblables. Mais pourquoi n'auraient-ils pas des propriétés analogues ? Quant aux expériences de Magendie, elles sont encore moins probantes, s'il est possible ; car, en admettant que l'*élasticité* suffise pour produire les phénomènes qu'il avait observés, pourquoi la contractilité n'agirait-elle pas concurremment pour expulser le sang des artères, et surtout, quelle raison aurait-on de conclure qu'elle ne se manifeste pas dans d'autres circonstances ?

Quoi qu'il en soit de la valeur de ces expériences, leurs résultats négatifs doivent être mis de côté, puisque l'existence de la contractilité artérielle est une vérité irrévocablement acquise à la science.

John Hunter (2) avait fait plus que démontrer la contractilité dans les artères, il avait prouvé aussi que cette propriété n'est pas également répartie dans tout ce système de vaisseaux, et que, faible dans le voisinage du cœur, elle se prononce de plus en plus à mesure que les artères ont un plus petit volume. — Ayant observé que, dans la mort par hémorrhagie, le système artériel est fortement revenu sur lui-même, il fit voir que ce n'est pas là un simple résultat de l'élasticité : en effet, en distendant de nouveau ces vaisseaux, il constata qu'au lieu de revenir à leur calibre primitif, ils restaient plus larges qu'auparavant. Que s'était-il passé ? En distendant ces vaisseaux, on avait détruit l'état de contraction, comme on détruit la rigidité cadavérique d'un muscle en l'allongeant ; dès lors, l'artère avait repris, sous l'influence de l'élasticité seule, le calibre qu'elle possède quand la contraction ne s'exerce pas. J. Hunter vit également que, pour un même vaisseau, le diamètre auquel il revient est toujours le même, quelle que soit la force employée pour le distendre. Enfin, si l'on opère sur des artères d'inégale grosseur,

(1) *Précis élémentaire de physiologie*. Paris, t. II, p. 387.

(2) *Sur le sang et l'inflammation* (*Œuvres complètes*, t. III, p. 194 et suiv., trad. franç. par Richelot).

plus le vaisseau est petit, plus il y a de différence entre son calibre pendant la contraction et celui auquel il revient après avoir été distendu. J. Hunter regarde cette différence comme exprimant l'intensité de la force contractile dans les diverses artères; et, lorsqu'il conclut que cette force augmente pour chaque vaisseau à mesure qu'on s'éloigne du cœur, il s'appuie sur les expériences suivantes :

Un cheval étant tué par hémorrhagie, afin de provoquer la contraction de ses artères, le diamètre de l'aorte fut mesuré ; puis, lorsqu'on eut distendu ce vaisseau et qu'on l'eut laissé revenir à son état naturel, il fut trouvé plus large de $\frac{1}{17}$. Cette fraction représente donc la quantité dont il s'était contracté, au moment de la mort. La même expérience faite sur l'artère axillaire donna pour la mesure de sa contraction $\frac{1}{8}$; pour la fémorale, on trouva $\frac{2}{3}$, etc. — Tous les chiffres obtenus allaient en croissant pour les vaisseaux les plus éloignés du cœur.

Voici encore d'autres preuves plus directes de la contractilité des artères. Wedemeyer (1), qui ne produisit aucune contraction dans l'aorte d'une grenouille par la stimulation galvanique, réussit à faire contracter très manifestement les artères mésentériques, qui se réduisirent des trois quarts de leur diamètre. Plus récemment, E. H. et Ed. Weber (2), à l'aide d'un courant électro-magnétique, ont vu de petites artères de $\frac{1}{7}$ à $\frac{1}{17}$ de ligne en diamètre, se contracter, après une irritation de cinq à six secondes, de plus de la moitié de leur cavité; la contraction a même pu, par la prolongation de l'excitation, aller jusqu'à interrompre le cours du sang. Quand le courant électro-magnétique était trop intense, il y avait au contraire paralysie du vaisseau et dilatation portée jusqu'au double. — Des injections irritantes, poussées dans les artères des animaux vivants, font contracter ces vaisseaux (3). — Le grattage par le scalpel donne les mêmes résultats. — On observe journellement, dans les opérations chirurgicales, qu'une artère coupée donne un jet de sang qui disparaît peu à peu et quelquefois cesse complétement, surtout si l'on excite le bout du vaisseau; la lumière de l'artère est alors complétement effacée. Mais peu à peu la contraction diminue et le vaisseau reprend sa perméabilité, d'où une hémorrhagie si l'on n'a pas eu soin d'appliquer une ligature. Ce fait vulgaire est non-seulement une démonstration de la contractilité artérielle, mais il met aussi en évidence un caractère important de cette propriété; caractère qui la différencie de la contractilité des muscles de la vie animale : en effet, lorsqu'on irrite une petite artère, la contraction est lente à se produire et lente à s'éteindre, tandis que si l'on excite un muscle de la vie animale, il se contracte et se relâche d'une manière subite. Cette lenteur à se manifester et cette lenteur à cesser après l'irritation, qui distinguent la contractilité des artères de celle des muscles de la vie animale, la rapprochent au contraire de celle des muscles de la vie organique : l'intestin, par exemple, au moment où on l'irrite, reste immobile, et ce n'est qu'un instant après qu'on observe une contraction dans le point irrité et dans les points voisins, contraction qui, en général, persiste pendant assez longtemps.

La contractilité des artères se retrouve toujours avec ce caractère, quel que soit le moyen employé pour la provoquer; qu'il s'agisse de la section transversale d'une artère, d'irritants mécaniques, chimiques ou galvaniques, appliqués à un de ces vaisseaux, des effets du froid, etc.

(1) *Untersuchungen über den Kreislauf des Blutes*, p. 180. Hannover, 1828.

(2) *Bericht über die Verhandlungen der Kœnigl. Sachs. Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig*, 1836, t. III, p. 91.

(3) ZIMMERMANN, *De irritabilitate*, etc. Gœttingue, 1751, p. 24. — VERSCHUIR, *De vi arteriarum et venarum irritabili*. Groningæ, 1766, p. 82.

Le *relâchement* qui a lieu aussi dans les artères, sous certaines influences, est très important à étudier. Presque toujours ce relâchement succède à la *contraction*, quand celle-ci a été assez forte; mais, dans certains cas, une stimulation excessive du vaisseau amène son relâchement immédiat, c'est-à-dire sans contraction préalable.

Les changements de diamètre qui s'observent dans les artères ont pour conséquence mécanique des changements dans la vitesse du sang qui traverse ces vaisseaux. Nous nous sommes expliqué longuement sur ce point à propos des obstacles au cours du sang.

Rappelons néanmoins très sommairement ce qui a lieu au sujet de la tension artérielle. Plus les petites artères seront contractées, plus le sang aura de peine à traverser ces vaisseaux pour passer dans le système veineux : dès lors la tension artérielle deviendra considérable, ce qui se reconnaîtra à certaines formes du pouls, à la rareté des battements du cœur, etc. Si les artères sont relâchées, le sang les distendra en se frayant ainsi un passage facile ; la tension artérielle baissera, et il se produira, dans la fréquence du pouls et dans les caractères de chaque pulsation, des phénomènes inverses des précédents et caractéristiques de la faible tension.

La *contractilité des artères*, pas plus que celle des muscles ordinaires, n'est indépendante de l'*action nerveuse*. C'est seulement dans ces dernières années que cette vérité a été bien établie, et que l'on a connu les principaux *nerfs vaso-moteurs*, c'est-à-dire les nerfs qui tiennent sous leur dépendance la contraction ou le relâchement des vaisseaux : jusque-là l'influence du système nerveux sur la circulation périphérique n'avait été qu'entrevue ou soupçonnée.

Il faut remonter à Willis (1) et à Haller (2) pour trouver les premières notions de cette influence; mais l'idée qu'assez généralement on se faisait du rôle des nerfs était bien différente de celle que nous en avons aujourd'hui. Les filets nerveux eux-mêmes étaient supposés se contracter, et, en rétrécissant le calibre du vaisseau qu'ils enlaçaient dans leurs mailles, retarder ainsi le cours du sang à son intérieur. Il y eut pourtant quelques observateurs qui admirent, vers la même époque, une contractilité propre aux artères et influencée par l'innervation : « Les artères, qui sont si actives, dit Sénac (3), sont de vrais cœurs sous une autre forme ; elles ont les mêmes fonctions, les mêmes mouvements... Ces mouvements sont des dilatations et des contractions alternatives qui se succèdent sans cesse... La force attachée au tissu des artères est dépendante des fibres musculaires sur la réalité desquelles on a voulu jeter quelques soupçons. » Plus loin Sénac (4) ajoute : « Des *nerfs sans nombre* se » distribuent à toutes ces fibres : voyez les plexus mésentériques, ils embrassent de » grandes artères, se divisent comme elles, et leur envoient des filets qui les accom- » pagnent jusqu'aux dernières ramifications; or, que nous annonce tout cet appa- » reil ? *Une puissance qui domine les autres.* » Abr. Ens (5), qui croyait aussi aux

(1) *De cerebro et nervis*, etc., p. 121. — *Descriptio nervorum*, p. 174.
(2) *Nervorum in arterias imperio*. Gœttingue, 1744. — *Opera minora*, t. I, p. 513. — *Elementa physiol.*, t. II, p. 206.
(3) *Traité de la structure du cœur*, etc., 2e édit. Paris, 1777, t. II, p. 193.
(4) *Ouvr. cit.*, t. II, p. 194.
(5) *De causa vices cordis alternas producente*. Utrecht, 1745 (*Disput. anat.* de Haller, t. II, p. 411).

contractions rhythmiques des artères, affirmait que la section des nerfs les fait disparaître.

Spallanzani (1) provoqua une réaction contre ces idées. On trouve, dans ses recherches sur la circulation, une réfutation des expériences qui avaient d'abord conduit Haller à admettre une faculté contractile dans les artères. A plus forte raison, Spallanzani, qui parvint à ramener à son opinion Haller lui-même, ne reconnaît-il aucune participation du système nerveux au cours du sang dans les vaisseaux artériels.

Une nouvelle réaction en faveur de la contractilité des artères et de l'influence des nerfs sur cette propriété devait s'accomplir de nos jours : les expériences de Willis sur les pneumogastriques furent reprises, et Magendie lui-même, qui niait la contractilité vasculaire, fournit des matériaux propres à en faire admettre l'existence. En effet, ses expériences relatives à l'action des pneumogastriques sur la circulation pulmonaire ont contribué à démontrer le rôle de ces nerfs comme *vaso-moteurs* du poumon. Mais Magendie ne s'était pas rendu un compte exact de la congestion qui suit la section des nerfs précédents; il regardait comme une altération de la nutrition des effets dus à la dilatation paralytique des vaisseaux pulmonaires. Avant les recherches de l'expérimentateur français sur le nerf trijumeau (2), Landmann (3) et Herbert-Mayo (4) avaient publié, chacun, une observation importante sur les altérations de l'œil qui accompagnent la lésion de cette paire nerveuse; altérations qu'on rapporte aujourd'hui à la suppression d'influence de filets nerveux *vaso-moteurs*. Les travaux de Günther (*) et de Wedemeyer (5) sur l'influence nerveuse dans la circulation méritent également d'être mentionnés. Ce dernier ne semble guère admettre, à l'état normal, que l'action des nerfs sur les mouvements du cœur. Cependant il n'hésite pas à croire que, dans bien des cas, sous l'influence d'excitations directes ou indirectes, les vaisseaux puissent se contracter et faire plus ou moins d'obstacle au cours du sang : ce serait toujours par un *resserrement* des vaisseaux et un ralentissement consécutif plus ou moins grand de la circulation que, d'après Wedemeyer, se manifesterait l'influence nerveuse du côté de la périphérie. Treviranus (6), ayant expérimenté sur la grenouille, constata une atteinte grave portée à la circulation locale et capillaire des membres après la destruction de leurs nerfs. Vers la même époque, Brachet (7) émit également quelques idées assez justes sur le rôle du grand sympathique dans la circulation. En 1840, Henle et B. Stilling (8) admirent que le système nerveux ganglionnaire exerce une influence constante sur la contractilité des vaisseaux. B. Stilling proposa de donner à cet ordre de nerfs le nom de *vaso-moteurs*, qui, aujourd'hui, est assez généralement adopté. Nous verrons, comme Henle le reconnut bientôt, que cette opinion est trop exclusive, et qu'en effet un pareil rôle n'est pas seulement dévolu au grand sympathique.

(1) *Expériences sur la circulation*, p. 385, trad. franç.
(2) *Journ. de physiol. expérim.*, 1824, t. IV, p. 303.
(3) *Commentatio anatomica exhibens morbum cerebri et oculi singularem*. Lipsiæ, 1820.
(4) *Journal de physiol.* de MAGENDIE, t. III, p. 356.

(*) Dans ses expériences sur la section des *nerfs de la verge*, GÜNTHER a surtout constaté la dilatation et l'injection vasculaires de cet organe.

(5) *Untersuchungen über den Kreislauf des Blutes*, etc., p. 331 et suiv. Hannover, 1828.
(6) *Biologie*, t. IV, p. 267, 648.
(7) *Fonctions du système nerveux ganglionnaire* (passim), 2ᵉ édit., 1837.
(8) *Physiol.-pathol. und med.-pract. Untersuch. über die Spinal-Irritation*. Leipzig, 1840.

Schiff (1), en 1845, ajouta de nouvelles données à ce qu'on savait déjà sur les nerfs *vaso-moteurs*. D'après lui, chez les grenouilles, les vaso-moteurs des membres seraient contenus dans les cordons nerveux de la vie de relation et dans la moelle épinière; — des nerfs partis de la moelle, et en émergeant avec les racines antérieures, viendraient animer les vaisseaux de l'intestin; — les ganglions, situés sur le trajet de ces nerfs, se laisseraient traverser par eux sans modifier leurs propriétés; — enfin, ces nerfs vaso-moteurs remonteraient dans la moelle épinière jusqu'à l'encéphale, et pourraient être suivis jusqu'aux couches optiques.

En 1847, Schiff fit publier par un de ses élèves, F. de Meyer (2) ce fait, qui depuis a été vu par tous les physiologistes avec tant d'intérêt, que *la paralysie des nerfs vaso-moteurs détermine, en même temps que la dilatation des vaisseaux, l'élévation de la température comme effet consécutif.* A la même époque, Axmann (3) reproduisit et soutint l'opinion que le grand sympathique est l'unique source des nerfs qui président à la contractilité vasculaire.

Comme on le sait, c'est en 1851 que Cl. Bernard (4), répétant les expériences de Pourfour du Petit, découvrit que la section du grand sympathique cervical produit l'élévation de température dans la moitié correspondante de la tête. Ce fut la démonstration expérimentale la plus frappante de l'action du grand sympathique sur la circulation. Cette expérience vulgarisa la connaissance de l'innervation des vaisseaux, et permit à tous les physiologistes de voir, nettement et d'un seul coup, les effets de congestion et d'élévation de la température qui résultent de la section de certains nerfs. Jusque-là on ne trouvait que des mentions éparses de ces phénomènes, comme dans les expériences de Dupuy (5) sur l'ablation des ganglions cervicaux du grand sympathique, et dans celles de Mayer (de Bonn) (6) sur la ligature des pneumogastriques.

Quant à l'explication des précédents phénomènes, Cl. Bernard supposa d'abord que le système nerveux ganglionnaire exerce une influence directe sur la calorification, et que sa section n'agit pas primitivement sur l'état circulatoire, mais bien sur la production de la chaleur, par un mécanisme insaisissable comme celui des propriétés vitales. Brown-Séquard (7), Budge et Waller (8), reproduisant la même expérience, furent amenés à une interprétation toute différente qu'ils donnèrent, chacun de son côté. D'après ces observateurs, l'élévation de température du côté de la section du grand sympathique est l'effet de la plus grande quantité de sang contenue dans ces parties par suite de la paralysie vasculaire : aussi la galvanisation du grand sympathique, en faisant contracter les vaisseaux, refroidit-elle les parties correspondantes par un mécanisme opposé à celui de la section. A cette occasion, Schiff (9) rappela ce qu'il avait dit sept ans auparavant, que l'augmentation de la chaleur s'expliquait par la dilatation paralytique des artères. Il ajouta que le grand

(1) *De vi motoria baseos encephali*, etc. Bockenhemii, 1845.

(2) *Paralyseos nervi trigemini*, p. 30. Francfort-sur-le-Mein, 1847.

(3) *Thèse physiologique sur l'influence du syst. nerv. ganglionn.* Berlin, 1847.

(4) *Mémoires de la Société de biologie*, année 1851, t. III, p. 163. — *Note sur l'influence du grand sympath. sur la chaleur anim.*, lue à l'Académie des sciences de Paris, le 29 mars 1852.

(5) *Observ. et expér. sur l'enlèvement des ganglions gutturaux des nerfs trisplanchniques sur des chevaux* (*Journal de* CORVISART, 1816, t. XXXVII, p. 340).

(6) *Zeitschrift für Physiol.*, von TIEDEMANN, etc., 1826, t. II, n° 1, p. 62, trad. dans *Journ. compl. des sc. méd.*, t. XXVI, p. 110.

(7) *The Medical Examiner*, août 1852, p. 489.

(8) *Comptes rendus de l'Acad. des sc. de Paris*, 1853, t. XXXVI, p. 378 et suiv.

(9) *Arch. de Tubingue*, 1854, et *Mém. de la Soc. d'hist. nat. de Berne*, 1856. — Ibid., *Untersuch. zur Physiol. des Nervensystems*, etc. Francfort-sur-le-Mein, 1855.

sympathique n'est pas le seul nerf vaso-moteur de la tête, mais que le rameau auriculaire, émané du plexus cervical, a aussi une grande influence sur les vaisseaux de l'oreille, et même sur les *contractions rhythmiques* signalées par lui dans ces vaisseaux chez le lapin.

Les nerfs dont nous avons parlé jusqu'ici ont pour effet, quand on les irrite, de produire la contraction des vaisseaux, c'est-à-dire que leur action rappelle celle qu'exercent les nerfs moteurs sur les muscles de la vie animale. Mais il existe d'autres nerfs dont l'influence est diamétralement opposée à la précédente : leur excitation détermine l'*élargissement des vaisseaux.* C'est dans l'étude toute récente de la circulation dans les glandes, que cette action singulière a été observée pour la première fois.

En 1851, Schiff (1), recherchant le rôle des nerfs dans les sécrétions, reconnut que la *corde du tympan* influence la sécrétion des glandes sous-maxillaires; que le fluide salivaire est sécrété abondamment quand on vient à couper ce cordon nerveux, tandis que si on le galvanise, la sécrétion se tarit. Il supposa donc que ces effets étaient dus à quelque influence de ce rameau nerveux sur les vaisseaux des glandes sous-maxillaires.

Les recherches ultérieures de Cl. Bernard (2) sont venues démontrer quelle est la nature de cette influence, en révélant d'autres faits. Les filets du nerf lingual qui se rendent à la glande sous-maxillaire exercent sur les vaisseaux de cette glande une action inverse de celle du grand sympathique : si on lie ou si l'on coupe ces filets du lingual, les vaisseaux se resserrent; si l'on en galvanise les bouts périphériques, les vaisseaux se relâchent. Plus récemment encore, Cl. Bernard (3) annonça que la glande parotide reçoit aussi des nerfs qui font dilater ses vaisseaux; ces filets proviendraient du rameau auriculo-temporal de la branche maxillaire inférieure.

Ajoutons que c'est vraisemblablement à titre de nerfs *vaso-moteurs du foie*, que les pneumogastriques réagissent sur cet organe, quand, en les irritant à leur origine, par la piqûre du plancher du quatrième ventricule, on produit le diabète. Sous l'influence de l'abord plus abondant du fluide sanguin et d'une circulation qui se fait plus largement, la matière glycogène contenue dans le foie se convertit *trop vite* en sucre qui, par cela même ne pouvant être utilisé entièrement, passe en partie dans les urines.

Toutes les influences nerveuses qui font varier le calibre des artères modifient la vitesse de la circulation sanguine, et conséquemment la température des parties auxquelles ces artères se distribuent. Cette circonstance a été mise à profit pour déterminer le trajet des nerfs vaso-moteurs à travers les cordons nerveux mixtes ou les racines sensitives des nerfs de la vie animale, et même des différents points de l'axe cérébro-spinal (*).

(1) *Arch. de Tubingue*, 1851.

(2) *Sur les variations de couleur du sang veineux des organes glandulaires suivant leur état de fonction ou de repos* (*Journal de physiologie de l'homme et des animaux*, 1858, t. I, p. 241).

(3) *Gazette médicale de Paris*, n° 13, 31 mars 1860, p. 197.

(*) Schiff notamment a entrepris de nombreuses expériences dans cette dernière direction (*Untersuch. zur Physiol. des Nervensystems*, Francfort-sur-le-Mein, 1855, et *Lehrbuch der Physiol.*, t. I, Lahr, 1858-59).

Vitesse du sang dans les artères.

Les phénomènes dépendants de la circulation artérielle que nous avons analysés jusqu'à présent (*pouls* et *mouvements des artères*) consistent en répartitions variées de la force motrice dans le liquide sanguin, abstraction faite de la translation de ce liquide depuis le cœur jusqu'à la périphérie. Lorsqu'on donne une impulsion au piston d'un long corps de pompe, le mouvement de la première tranche du liquide se transmet de proche en proche jusqu'à la dernière; mais chacune des tranches n'a cheminé que d'une faible quantité, quelle que soit la distance à laquelle le mouvement s'est propagé. De même, dans la circulation sanguine, quand une systole du cœur produit une pulsation à la fois dans l'aorte et dans une artère très éloignée, c'est bien le même mouvement qui s'est transmis de proche en proche dans toute la masse sanguine, mais ce n'est pas le même sang qui s'est porté dans toute cette étendue. Au moment où la pulsation est arrivée dans les points les plus éloignés, l'ondée ventriculaire est encore au voisinage du cœur, logée dans les régions initiales de l'aorte.

Essayons donc de reconnaître quelle est la *vitesse du sang dans les artères*, et de savoir si cette vitesse est la même dans toutes les artères. — Nous n'avons pas à revenir ici sur l'influence que l'élargissement progressif de ces vaisseaux, leurs différences de direction et de diamètre, la pesanteur, etc., exercent sur la rapidité de la marche du sang dans les voies artérielles (*).

La notion de la vitesse du sang dans les artères est une des plus difficiles à acquérir, à cause des nombreux éléments qui manquent à la solution du problème. On ne connaît qu'approximativement la capacité des ventricules : les injections solidifiables permettent, il est vrai, de mesurer les cavités du cœur avec assez d'exactitude; mais le cœur, à l'état de vie, est-il aussi dilatable qu'il l'est sur le cadavre? La force avec laquelle l'injection a été poussée est-elle égale à la pression sanguine, et n'a-t-on pas distendu le cœur outre mesure? Enfin, le ventricule se vide-t-il complétement à chacune de ses contractions, ou bien n'expulse-t-il qu'une partie du sang qu'il contenait? — Quand bien même on connaîtrait exactement la quantité de sang que le cœur envoie à chaque contraction, on n'en pourrait déduire que la vitesse du liquide à l'origine de l'aorte. Comme les voies artérielles vont en s'élargissant sans cesse, dans un rapport qui nous est inconnu, à une certaine distance du cœur, la vitesse serait déjà moindre à cause de cette dilatation.

C'est donc à l'expérimentation qu'il faut avoir recours pour évaluer la vitesse du sang dans un point donné du système artériel.

Toutes les vues théoriques que la physiologie ancienne nous a transmises, relativement à la rapidité du cours du sang dans les artères, pèchent par la base et sont tout à fait erronées. Hales crut pouvoir déduire la vitesse du sang de la hauteur à laquelle s'élève la colonne d'un manomètre adapté à l'artère. Il supposait que cette vitesse est égale à celle d'une molécule liquide qui tomberait d'une hauteur pareille à celle de la colonne manométrique. Dans cette évaluation, il ne tenait pas compte des résistances que le sang doit éprouver dans les vaisseaux, et qui rendent sa vitesse extrêmement petite, relativement à celle que Hales lui attribuait. Sauvages (1), son commentateur, corrigea cette erreur et établit une dis-

(*) Voir ci-dessus, p. 812.

(1) Hales, *Hæmastatique*, p. 3.

tinction entre la *vitesse virtuelle*, ou celle qu'aurait le liquide s'il s'écoulait librement sous une pression donnée, et la *vitesse actuelle*, ou celle que le sang possède réellement, et qui est inférieure à la première de toute la quantité que consomment les résistances.

Le discrédit dans lequel étaient tombées les applications de la physique à la physiologie empêcha plus tard cette question de faire des progrès. Haller (1), quelques années avant la publication des travaux de Sauvages, s'étonnait presque de voir que, si l'on ouvre une artère, il y a accélération du mouvement du sang, et dans l'artère même qu'on a ouverte et dans les autres qui se trouvent à une assez grande distance. La plupart des auteurs qui suivirent n'eurent guère de connaissances plus avancées sur ce point. Toutefois Spallanzani (2) comprit mieux qu'on ne l'avait fait avant lui les rapports qui existent entre la vitesse du sang et le diamètre des vaisseaux. Araldi (3) montra comment la vitesse du courant, dans les différentes parties du système artériel, n'est pas seulement influencée par les résistances locales, mais par tous les obstacles que rencontrera plus loin le sang, dont les tranches successives sont solidaires les unes des autres.

De nos jours, l'expérimentation fut remise en vigueur, et des appareils ingénieux furent construits surtout par les physiologistes allemands, dans le but de mesurer avec le plus d'exactitude possible la vitesse du sang dans une artère quelconque.

FIG. 30.

L'*hémodromomètre* fut inventé par A.-W. Volkmann. Cet instrument se compose d'un tube de verre recourbé en U et rempli d'eau ; chacune de ses branches est munie d'un robinet à son extrémité. L'une de ces branches est adaptée au bout central d'une artère divisée, et l'autre au bout périphérique.

Les robinets, assez semblables à ceux que Babinet adapte à la machine pneumatique, s'ouvrent et se ferment tous deux à la fois. Lorsqu'ils sont tournés comme dans la figure 30, le sang passe à travers les deux robinets sans parcourir le tube en V, et les choses se passent comme si la continuité de l'artère *a u* n'était pas interrompue.

FIG. 31.

A l'instant où les robinets sont tournés en sens inverse, le sang est obligé de traverser le tube en U (fig. 31), suivant la direction indiquée par les flèches, en chassant du côté des capillaires l'eau dont ce tube était rempli. — Après un certain nombre de secondes, on ferme les deux robinets à la fois, et, d'après la longueur de la portion du tube où le sang s'est substitué à l'eau, on conclut à la vitesse du mouvement du sang.

Volkmann (4) trouva comme expression de la vitesse, pour une seconde, les chiffres suivants :

Chez le chien, dans l'artère carotide		273	millimèt.
—	—	357	»
Chez le cheval, dans l'artère carotide		254	»
—	— métatarsienne	56	»

(1) *Deux mémoires sur le mouvement du sang, etc.*, p. 114. Lausanne, 1756, in-12.
(2) *Expériences sur la circulation*, p. 259, trad. franç.
(3) *De l'usage des anastomoses dans les vaisseaux des machines animales.* Modène, 1806.
(4) *Die Hämodynamik*, p. 195. Leipzig, 1850.

Cet instrument, de l'aveu de son auteur lui-même, doit retarder un peu le mouvement du sang, d'abord à cause du changement brusque de direction que le courant éprouve en entrant dans l'appareil, et à cause aussi des nouvelles résistances qu'il crée en augmentant la longueur du tube que le sang doit parcourir. Enfin, l'eau contenue dans l'hémodromomètre, et qui, poussée par le sang, devra passer à travers les capillaires, y trouvera-t-elle les mêmes résistances que le sang lui-même? Toutes ces objections qu'on peut faire à l'instrument de Volkmann suffisent pour prouver que la vitesse du sang dans une artère ne saurait être mesurée avec une précision satisfaisante, à l'aide de ce moyen.

L'*hémotachomètre* (fig. 32) est dû à Vierordt. Il est formé d'une caisse quadrilatère étroite, comprise entre deux lames de verre et mise en communication par deux embouchures *a b* avec les bouts d'une artère coupée en travers. La caisse est remplie d'eau et porte à son intérieur un pendule qui se dévie plus ou moins lorsqu'un courant plus ou moins rapide de liquide le traverse. L'appareil étant appliqué au vaisseau, le sang s'y engage en se substituant à l'eau qu'il renfermait ; une pointe d'argent adaptée au pendule et constamment appliquée à la paroi de verre permet de saisir l'amplitude de la déviation même, lorsque le sang remplit la caisse. On compte sur un quart de cercle divisé le degré de déviation du pendule, dont on déduit la vitesse du courant sanguin. A chaque afflux nouveau du sang dans l'appareil, le pendule se porte en avant pour revenir ensuite plus ou moins près du zéro.

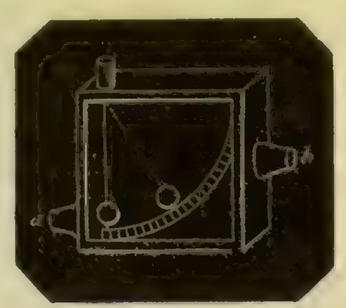


FIG. 32.

Ces indications intermittentes, analogues à celles d'un manomètre qui oscille, ne peuvent faire connaître que les maxima et les minima de vitesse du sang. Pour obtenir une indication des moyennes, Vierordt prolongea la tige de son pendule sous forme d'une aiguille qui va tracer ses oscillations sur un cylindre tournant, comme dans l'appareil de Ludwig (kymographion). La vitesse moyenne est obtenue alors d'une manière analogue à l'évaluation de la tension moyenne. — Vierordt (1) évalue à 0^{m},261 par seconde la vitesse du sang dans la carotide : ce chiffre se rapproche assez de celui de Volkmann.

Toutes ces recherches, pour déterminer la *valeur numérique de la vitesse du sang artériel*, offrent un intérêt moins grand que l'étude des changements de tension dont il a été question plus haut. D'ailleurs il faut bien se rappeler que, d'un instant à l'autre, la rapidité du mouvement du sang dans une artère varie suivant que les petits vaisseaux qui dépendent de cette artère, en se dilatant ou se resserrant, offrent au passage du sang des résistances plus ou moins grandes.

Bruits artériels.

Le passage du sang dans les artères est accompagné de bruits variés qu'on perçoit en appliquant le stéthoscope sur ces vaisseaux. Ces phénomènes sont intimement liés à la vitesse du courant sanguin.

L'auscultation des artères y fait entendre plusieurs espèces de bruits bien dis-

(1) *Grundriss der Physiologie des Menschen*, p. 110.

tincts. Parfois le courant sanguin transporte avec lui des sons qui ont été formés dans le cœur, et qu'on peut reconnaître à leur timbre et à leur rhythme : on retrouve, dans ces cas, le bruit sourd de la systole ventriculaire, et l'autre plus clair, du claquement des valvules sigmoïdes. Ce ne sont pas là, à proprement parler, des bruits vasculaires. D'autres fois, les sons que l'on perçoit se sont réellement formés dans les vaisseaux ; ils peuvent alors présenter deux types distincts : tantôt le bruit est court, sec et fort, c'est un *bruit de choc ;* tantôt, doux et prolongé, il rappelle celui que fait l'air en s'échappant avec une certaine force à travers un tube, c'est le *bruit de souffle* proprement dit. Les cliniciens ont distingué les différences de timbre, de rudesse ou d'intensité de ces souffles, par des noms particuliers : *bruits de râpe*, *de soufflet*, *bruits sibilant*, *musical*, etc.

C'est à Laennec (1) qu'on doit les premières études sur cette partie de l'auscultation. Frappé de la fugacité de ces bruits qui, pour la moindre émotion morale, paraissent et disparaissent chez certains sujets, il pensa que leur production était intimement liée à une intervention nerveuse, et les attribua à un spasme des vaisseaux. Ni cette théorie, ni celles qu'on a proposées depuis Laennec ne rendent suffisamment compte de la formation des bruits artériels. Quoique la plupart des observateurs aient invoqué des causes mécaniques à l'appui de leurs hypothèses, on n'en constate pas moins que généralement leurs explications sont en désaccord avec les lois mêmes de la mécanique. Ainsi, lorsqu'il fut démontré que la chlorose, affection dans laquelle s'entendent à un haut degré les souffles vasculaires, s'accompagne de diminution du chiffre des globules sanguins, on pensa que les globules restants, plus écartés les uns des autres, entraient en collision, et que de leur choc provenait le bruit perçu. Vernois (2), supposant dans la même affection une diminution de la masse du sang, crut que le système artériel revenait sur lui-même, et que sa tunique interne, devenant trop longue, formait des plis saillants à l'intérieur, contre lesquels le sang frottait avec bruit. Beau (3) remarqua que, chez les sujets présentant des bruits artériels, le pouls est plus développé que de coutume. Cet observateur crut expliquer les deux faits à la fois, en admettant que le cœur envoie alors des ondées sanguines plus volumineuses que de coutume, et qui, précisément à cause de leur volume démesuré, donnent lieu à la fois à un pouls plus fort et à un frottement sonore dans les artères. Or, il est aujourd'hui reconnu qu'il ne se passe pas de frottements entre les parois d'un tube et le liquide qu'il contient. Si la clinique constate les faits, c'est à l'expérimentation physique la plus rigoureuse à fournir les éléments de leur théorie.

On s'accorde assez généralement sur les conditions physiologiques et les états morbides qui sont favorables au développement des bruits artériels : — ces bruits se rencontrent dans la chlorose, l'anémie, les cachexies, etc. ; — ils coïncident, en général, avec un pouls fort ; — l'exercice musculaire les développe ; — ils sont d'autant plus intenses et brefs, qu'on les observe sur une artère plus voisine du cœur ; — des bruits de souffle existent dans les tumeurs anévrysmales, dans les anévrysmes variqueux et certaines tumeurs érectiles.

Cherchant à résoudre la question du mécanisme de ces bruits, à l'aide d'expé-

(1) *Traité de l'auscultation médiate, etc.* Paris, 1819, t. II.

(2) *Études physiologiques et cliniques pour servir à l'histoire des bruits des artères*, thèse inaug. Paris, 1837.

(3) *Traité expérimental et clinique d'auscultation*, Paris, 1856, p. 407.

riences physiques, Magendie (1) démontra qu'on pouvait, avec des tubes élastiques traversés par un liquide, obtenir des bruits de même caractère que ceux des vaisseaux sanguins; mais il n'étudia qu'avec peu de succès les conditions dans lesquelles ils se développent. C'est de l'Allemagne que nous sont venus les premiers travaux régulièrement institués dans ce dernier but. Th. Weber (2), en faisant usage de tubes élastiques de caoutchouc, est parvenu à constater que les bruits se produisent avec intensité, si l'on exerce une compression sur le tube au point observé; qu'ils existent dans les cas où le conduit s'élargit brusquement, et qu'on les obtient d'autant plus facilement que le courant du liquide est plus rapide, que ce liquide est plus dense et moins visqueux. La largeur et la minceur des tubes sont encore des conditions favorables.

Heynsius (3) avait obtenu des résultats à peu près analogues à l'aide d'expériences du même genre. De plus que Weber, il chercha la cause immédiate de ces bruits, en étudiant les mouvements qui se passent dans les molécules du liquide lors de la production de ces mêmes bruits. A cet effet, il plaça sur le trajet de ses tuyaux élastiques des tronçons de verre, qui, par leur transparence, permettaient d'observer les mouvements du liquide rendus saisissables au moyen des particules colorées tenues en suspension. Il vit alors des tourbillons se former, comme les remous qu'on aperçoit dans les rivières, en aval des points où elles se rétrécissent. L'intensité de ces tourbillons croissait et décroissait avec celle des bruits. Enfin, il annonça que la force des bruits est augmentée par la présence d'aspérités à la surface intérieure des tubes. — Ce dernier point est formellement contredit par les recherches de Chauveau (4). Pour cet expérimentateur, les rugosités du tube sont sans effet sur la production des bruits, et tout réside presque dans l'influence des changements de diamètre. Le souffle existe toutes les fois que le liquide passe d'un point rétréci dans un autre plus large, soit que le tube s'élargisse en ampoule à la manière d'un anévrysme, soit que, comprimé sous le stéthoscope, il offre au liquide une dilatation relative quand celui-ci pénètre dans la portion située en aval de l'obstacle et qui a conservé son diamètre normal. La cause immédiate du bruit consisterait dans la formation d'une veine fluide vibrante au moment où le liquide sort du point rétréci. Pour que le bruit se produise, il faut que, entre les points situés au-dessous et au-dessus du rétrécissement, il existe une certaine inégalité de tension.

Ayant repris les expériences sur les bruits de souffle, Marey (5) chercha à comparer l'état du pouls avec l'intensité des bruits, lorsqu'il produisait artificiellement ces deux phénomènes à l'aide des appareils que nous connaissons déjà (*). Il reconnut que le bruit de souffle s'obtient, sur un tube, comme sur une artère, en exerçant une pression sur l'un ou l'autre. Dans ces cas, le bruit est d'autant plus fort et plus bref, que la pulsation est plus *brève* elle-même. Il y a, dans ce premier fait, une

(1) *Leçons sur les phénomènes physiques de la vie*, t. I, p. 298.

(2) *Physikalische und physiologische Experimente über die Entstehung der Geräusche in den Blutgefässen* (*Archiv für physiol. Heilkunde*, 1855, t. XIV, p. 40).

(3) *Bijdrage tot eene Physische verklaring van de abnormale Geruischen in het Vaatstelsel* (*Nederlandsch Lancet*, 3e série, 1854, t. IV, p. 20).

(4) *Gazette médicale de Paris*, 1857.

(5) *Du pouls et des bruits vasculaires* (*Journal de physiologie de l'homme et des animaux*, juillet 1859, p. 444).

(*) L'appareil de la figure 22 est très propre à l'étude des bruits de souffle : il suffit, pour les obtenir, d'ausculter un point du tube pendant qu'on y fait passer des ondées liquides intermittentes.

confirmation directe de la remarque clinique faite par Beau, qui signale le pouls fort et bref (*percutant*) comme s'accompagnant de bruits de souffle carotidiens.

Les idées de Chauveau sur la cause première du bruit sont entièrement acceptées par Marey, qui croit aussi à la formation d'une veine liquide dont les vibrations sont sonores. Cette veine ne se forme que dans le cas où le liquide est animé d'une très grande vitesse dans le point du tube où a lieu le bruit. Or, dans quelle circonstance le liquide prend-il cette grande vitesse? Les changements de calibre du tube n'amènent ce résultat, suivant Marey, que quand ils produisent des variations dans la tension du liquide ; de telle sorte que, en amont du point où se forme le bruit, la tension soit beaucoup plus forte qu'en aval. La veine fluide rapide et vibrante se produirait alors par suite du changement de tension, absolument comme, dans une rivière, il se produit un courant violent et bruyant par suite d'un changement brusque du niveau de l'eau.

En appliquant cette théorie aux faits observés, on voit que, si l'on comprime un vaisseau ou un tube sous le stéthoscope, on crée en ce point un obstacle derrière lequel la tension s'élève, comme le niveau d'une rivière derrière un barrage. L'écoulement du liquide, dans la partie située au-dessous du lieu de la compression, y fait au contraire baisser la tension, et l'inégalité une fois produite, il s'établit, au niveau du point où elle existe, un courant rapide et sonore.

Dans le but de prouver que le changement du calibre du vaisseau, en ces points, n'est qu'une circonstance secondaire, Marey rapporte des expériences dans lesquelles le changement de calibre ne s'accompagne pas de bruit de souffle, parce que la tension n'a pas changé.

Chauveau, adaptant à l'artère carotide d'un cheval une ampoule de caoutchouc semblable à un anévrysme, obtint un bruit de souffle à chaque afflux de sang dans cette partie : les conditions du bruit de souffle anévrysmal étaient donc réalisées dans cette expérience. L'auteur conclut que, en pareil cas, le changement brusque du calibre du vaisseau est la cause du bruit. — Pour prouver que la véritable cause du souffle réside dans le changement brusque de la tension, Marey rappelle que les tumeurs anévrysmales, par l'élasticité de leurs parois, suppriment, à leur intérieur et dans les parties du vaisseau situées au-dessous d'elles, les inégalités de la tension artérielle que produisent les contractions du cœur ; c'est ainsi qu'elles agissent pour faire disparaître, ou au moins pour diminuer beaucoup, le pouls des artères sur lesquelles elles se développent. Grâce à cette transformation du mouvement, les ampoules élastiques offrent à leur intérieur une tension sensiblement fixe, qui est la moyenne entre le maximum et le minimum ; dès lors, au moment où une impulsion cardiaque portera à son maximum la tension du sang dans l'artère en amont de l'anévrysme, ce sang, en passant du vaisseau dans la poche, trouvera subitement une tension plus faible et prendra un mouvement rapide, duquel résultera le bruit de souffle. Si cette théorie est vraie, une ampoule non élastique et ne transformant pas les inégalités de tension, ne devra pas offrir de bruit ; car la tension de cette ampoule suivra toute les variations de celle de l'artère. L'expérience prouve qu'une boule de verre, placée sur le trajet du tube dans les conditions précédentes, ne donne pas naissance au bruit de souffle.

Une autre expérience est propre à démontrer, d'une manière plus nette encore, l'importance fondamentale des changements de la tension dans la production des bruits. Si l'on prend un tube dans lequel coule un liquide, et qu'on le comprime

dans une pince avec une force déterminée, on voit que, pour faire successivement paraître et disparaître le bruit au point comprimé, il suffit de faire varier le diamètre de l'orifice d'écoulement situé à l'extrémité du tube. Si l'orifice d'écoulement est large, le bruit apparaît et se montre d'autant plus fort, que la tension s'est abaissée davantage en aval du point comprimé. L'ajutage d'écoulement est-il étroit, le bruit disparaît, parce que la tension s'élève en aval du point comprimé et se rapproche du degré qu'elle atteint en amont de ce point. On voit que, dans ce cas, l'influence de la tension a joué le rôle important dans la production des bruits, puisque en faisant varier cette tension, on les a fait paraître ou disparaître, l'état des diamètres du tube restant le même au point où le souffle existait.

Dans les anévrysmes artérioso-veineux et les tumeurs érectiles, on trouve une communication anormale entre le système artériel, qui a une tension forte, et le système veineux, qui a une tension faible; il en résulte, d'après cette théorie, un passage rapide du sang de l'artère dans la veine et une vibration sonore de la veine liquide.

Les bruits qui se passent aux orifices du cœur s'expliqueraient de la même manière : si, par exemple, un rétrécissement de l'orifice aortique donne naissance à un bruit de souffle à chaque systole, c'est que, le cœur déployant beaucoup de force pour lutter contre cet obstacle, le sang contenu dans le ventricule offre une tension considérable qu'il ne retrouve plus à son entrée dans l'aorte.—Dans certaines maladies, la forme des orifices n'a pas subi d'altération, et néanmoins il y a bruit de souffle, comme dans la chlorose, la fièvre, etc. Cela tient à ce que, dans ces affections, la tension artérielle est plus faible que de coutume, ce qui produit, à l'orifice aortique, l'inégalité de tension nécessaire à la formation du bruit.

Influences qui modifient la circulation artérielle.

La circulation artérielle est modifiée par des influences extérieures assez nombreuses. On a vu déjà comment la *pesanteur*, en agissant sur la colonne sanguine, accélère ou ralentit la rapidité du courant, suivant qu'elle agit dans le sens de l'impulsion cardiaque ou en sens contraire. — Des *pressions extérieures* peuvent, en effaçant plus ou moins le diamètre des artères, entraver le cours du sang. Dans ces circonstances, la circulation n'est pas nécessairement interrompue au-dessous du point comprimé : les anastomoses, que les artères échangent entre elles, sont des voies de rétablissement pour la circulation, et quand bien même l'oblitération d'une artère serait définitive ces anastomoses considérablement dilatées, fournissent bientôt au sang une voie nouvelle. Ces phénomènes se produisent mécaniquement par un simple effet de la nouvelle répartition du mouvement du sang. L'oblitération d'une des branches d'une artère augmente la tension dans toutes les autres branches nées du même vaisseau; sous l'influence prolongée de cette tension plus forte, ces conduits se dilatent peu à peu. Les anastomoses qui réunissent le vaisseau oblitéré à ceux qui sont restés perméables subissent la même dilatation, et finissent par laisser passer le sang en aussi grande abondance qu'avant l'oblitération de l'artère. — Ces obstacles définitifs au cours du sang artériel sont rares et rentrent dans le domaine de la pathologie; mais, à chaque instant, il survient physiologiquement des oblitérations temporaires des artères : la *contraction d'un muscle*, la pression d'un corps extérieur, l'*extension* ou la *flexion forcée d'une*

articulation, peuvent suffire pour déterminer momentanément l'arrêt du sang dans une artère.

La *respiration* exerce aussi une influence notable sur le cours du sang artériel, comme l'ont bien prouvé les expériences hémométriques. Lorsqu'en effet, un manomètre est appliqué à une grosse artère, les oscillations de la colonne de mercure présentent deux sortes de mouvements : l'un, faible et fréquent, se répète à chaque contraction du cœur ; l'autre, doué d'une amplitude beaucoup plus grande, s'observe à chaque nouvelle respiration.

Poiseuille a reconnu ces deux sortes de mouvements dans ses recherches. Ludwig les a retrouvés dans ses tracés obtenus à l'aide du *kymographion*, comme on peut le voir sur la figure 19 : les petites courbes sont dues aux battements du cœur, et les grands déplacements de leur ligne d'ensemble sont produits par les influences de la respiration.

Comment agissent les mouvements respiratoires pour modifier la circulation artérielle ?

On a coutume de comparer l'action aspirante et foulante de la poitrine au jeu d'un soufflet, et cette comparaison rend très bien compte de ce qui se passe. En effet, quand la poitrine se dilate sous l'influence des muscles inspirateurs, il s'y forme un vide, et l'air se précipite à travers la trachée et les bronches ; inversement, au moment où l'inspiration cesse, le retrait élastique du poumon chasse au dehors l'air contenu dans la poitrine : l'élasticité pulmonaire est secondée, dans les expirations fortes, par la contraction des muscles dits expirateurs. Dans ces deux états opposés d'ampliation et de resserrement de la cavité thoracique, les alternatives d'appel et d'expulsion ne portent pas seulement sur l'air extérieur qui est tour à tour inspiré et expiré, mais toutes les parties susceptibles de déplacement et voisines de cette cavité reçoivent, sous cette influence, des mouvements faciles à constater. Les espaces intercostaux se dépriment, les creux sus-claviculaires se prononcent davantage ; enfin, sauf les parties osseuses que leur rigidité empêche de céder à l'appel intérieur, tout subit l'influence de l'aspiration thoracique. Le sang, contenu dans les vaisseaux qui sortent du thorax, ne saurait échapper à cette influence. On verra, à propos de la circulation veineuse, avec quelle énergie l'aspiration s'exerce sur le cours du sang noir ; pour l'instant, il ne s'agit que de l'action des mouvements respiratoires sur la circulation artérielle.

Au moment de l'*inspiration*, l'appel du sang dans la poitrine fait baisser la tension dans les artères avoisinantes, et cet effet est de moins en moins sensible au fur et à mesure que l'artère qu'on observe est plus éloignée de cette cavité. Les effets de l'aspiration, très prononcés dans la carotide, sont presque nuls dans la radiale et tout à fait nuls dans les artères du métatarse par exemple. Ces différences sont faciles à concevoir. — Au moment de l'*expiration*, l'inverse se produit : les artères intrathoraciques sont comprimées extérieurement par la condensation de l'air dans la poitrine ; et cette pression, s'ajoutant à leur retrait élastique, contribue à pousser le sang avec force vers la périphérie. Un manomètre, adapté à une artère accuse cette augmentation de la pression d'une manière d'autant plus intense qu'on agit plus près de la poitrine.

Cette action aspirante et foulante de la cavité thoracique n'est pas à son maximum dans les mouvements ordinaires de respiration qui se produisent en effet sans un grand déploiement de force ; mais, dans les mouvements respiratoires exa-

gérés, comme quand on fait souffrir un animal sur lequel on expérimente, les influences de la respiration prennent une intensité beaucoup plus grande, et alors deviennent apparentes même dans des artères assez éloignées de la poitrine.

En appliquant son sphygmographe sur l'artère radiale, Marey a constaté que, dans les respirations normales, la ligne d'ensemble des pulsations est parfaitement rectiligne, comme le montrent les figures 27 et 28; c'est-à-dire que l'influence de

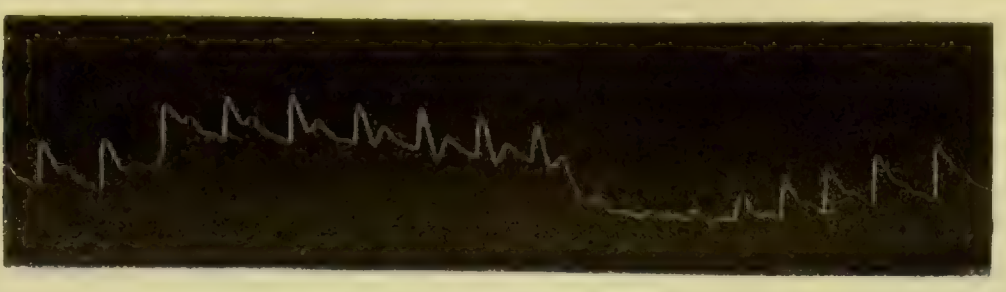


FIG. 33.

la respiration n'est pas sensible sur ce vaisseau trop éloigné de la poitrine. Si, au contraire, on fait des efforts énergiques de respiration, les influences respiratoires deviennent très sensibles même à la radiale, comme on peut s'en assurer par l'inspection de ce tracé (fig. 33), qui représente le pouls avant, pendant et après un effort d'expiration.

Ces phénomènes deviennent encore plus frappants chez les malades atteints d'une dyspnée considérable.

Dans l'*effort*, comme on le sait, il y a occlusion de la glotte avec tendance énergique à l'expiration. Toutefois l'air ne s'échappant pas du poumon, la compression de ce fluide dans l'intérieur de la poitrine arrive à un degré bien plus élevé, et ses effets sur la circulation sont beaucoup plus manifestes. On peut, en appliquant le sphygmographe sur l'artère radiale, constater que, pendant l'effort, la tension artérielle atteint un degré considérable : il y a élévation du niveau du tracé obtenu. Dès que l'effort a cessé, la pression intrathoracique retombe à son degré normal, et le sang refluant vers l'aorte, la tension baisse tout à coup dans les artères des membres et en particulier dans la radiale, comme l'atteste encore le tracé dû au précédent instrument.

En résumé, les artères sont chargées du rôle, aussi important que complexe, qui consiste à porter le sang depuis le cœur jusqu'aux points les plus périphériques de l'organisme. Ces vaisseaux n'ont pas seulement à remplir les fonctions de canaux de conduite, ils doivent aussi, par leurs propriétés physiques et organiques, transformer l'afflux intermittent du sang qu'ils reçoivent en un mouvement qui est continu, lorsqu'ils cèdent ce liquide aux vaisseaux capillaires; ils doivent, en outre, réglant leur calibre au moyen de la contractilité de leurs parois, porter à chaque organe une quantité de sang qui variera suivant ses besoins. Ces usages des vaisseaux artériels avaient été bien compris par J. Hunter qui, pour cette raison, avait désigné les artères sous le nom de *vaisseaux actifs*, par opposition aux veines qu'il appelait des *vaisseaux passifs*.

Il ne faudrait pas, toutefois, dépasser la pensée de l'illustre physiologiste anglais et attribuer aux artères un rôle réellement actif dans la propulsion du sang. La seule force impulsive émane de la pompe cardiaque : toute l'action des vais-

seaux se borne à modifier et à répartir ce mouvement primitif, en réglant les résistances qu'éprouve le passage du sang. Si la rapidité de la circulation est *favorisée* par l'élasticité de l'aorte et des grosses artères ; si le relâchement des vaisseaux plus ténus accélère le mouvement du sang dans le parenchyme des organes, *ce n'est pas en fournissant une impulsion supplémentaire*, c'est en consommant moins de la force du cœur.

Les caractères mêmes de la plupart des phénomènes annexés à la circulation artérielle montrent que ces phénomènes sont sous la dépendance de la force du cœur : le pouls, les souffles intermittents des artères, le jet saccadé qu'elles fournissent lorsqu'on les blesse, tout révèle l'influence de la contraction rhythmique des ventricules.

Il est vrai qu'à mesure qu'on s'éloigne du cœur, ces phénomènes tendent à disparaître, et c'est là sans doute ce qui a fait penser à divers physiologistes que l'action du cœur s'éteignait dans ces points. Nous savons à quoi tient cette suppression des précédents effets : liés aux variations que les systoles du cœur amènent dans la tension artérielle, ces effets devaient disparaître dès que cette tension a été ramenée par l'élasticité des artères à un état uniforme. Cette théorie trouve une démonstration péremptoire dans la production artificielle de pulsations et de bruits de souffle dans des tubes élastiques où coule un liquide sous l'influence d'une force unique, l'impulsion d'une pompe foulante.

Les actions étrangères qui modifient le cours du sang dans les artères ne sont pas non plus des adjuvants de la force du cœur. Le pesanteur exerce, à la vérité, une action favorable au cours du sang pendant la station verticale ; mais les pressions extérieures ne constituent jamais qu'un obstacle à ce courant. Quant à l'influence de l'inspiration et à celle de l'expiration, agissant tantôt dans le sens du cœur et tantôt en sens contraire, leurs effets se contre-balancent entièrement.

COURS DU SANG DANS LE SYSTÈME CAPILLAIRE.

I. — Les vaisseaux si ténus que doit traverser le sang pour passer des artères dans les veines sont désignés sous le nom de *vaisseaux capillaires*. C'est dans leur intérieur que ce fluide entre en conflit avec les tissus organiques, subvient à leur nutrition et à leur accroissement, tout en se chargeant lui-même d'autres substances que ces tissus lui abandonnent. De ces actions réciproques entre les organes et le sang, résultent, pour ce dernier, de profondes modifications après qu'il a traversé le système capillaire : si la circulation s'est faite dans des conditions normales, il présente alors les caractères distinctifs du sang veineux.

Placé entre les dernières ramifications des artères et les premières radicules des veines, le *système capillaire* se fond, sans aucune transition, avec ces deux ordres de vaisseaux. Les limites qui lui sont assignées par l'anatomie sont purement factices, et la physiologie serait fort embarrassée si elle devait déterminer le point précis où les vaisseaux ne sont plus seulement des organes de transport du sang, mais permettent à travers leurs parois un échange entre le sang et les tissus.

Depuis le moment où le passage du sang des artères dans les veines fut démontré, on fit différentes hypothèses sur la nature des voies de communication qui relient ces deux systèmes de vaisseaux. Convaincus de la nécessité d'un contact

bien intime du sang avec les organes, pour que la nutrition s'opère, beaucoup de physiologistes ont pensé que le sang s'infiltre dans les mailles des tissus, après avoir cessé d'être contenu par des parois membraneuses: telle était l'opinion de Pecquet (1), Mayow (2), etc. L'emploi du microscope vint montrer la continuité vasculaire qui existe entre les artères et les veines; mais, avant d'être généralement admise, cette vérité eut à subir bien des objections. Ainsi, dans le foie, dans les glandes salivaires, etc., il y avait, disait-on, épanchement du sang autour des lobules; c'était une erreur que personne ne soutiendrait plus aujourd'hui. Une supposition moins facile à réfuter fut émise notamment par Dœllinger (3) et Wedemeyer (4). Le sang, d'après ces auteurs, serait à la vérité contenu dans des cavités tubuleuses très fines, mais celles-ci n'auraient pas de paroi propre et seraient creusées dans la substance même des organes. Le problème était d'une solution difficile, attendu que les parois des capillaires les plus fins ont une transparence parfaite, et que, partant, elles ne se distinguent point par des contours nets et tranchés. Il est néanmoins possible, même dans des cas de ce genre, de démontrer leur existence. Dans la membrane vasculaire du limaçon des oiseaux, par exemple, les capillaires forment un riche réseau. Or, comme l'a fait Windischmann (5), on peut parvenir, à l'aide de la macération, à dissoudre la substance interposée entre eux, et n'avoir plus que le lacis vasculaire dont les parois deviennent alors visibles. La même démonstration, qui a été faite par un procédé analogue pour les capillaires des reins, ne saurait l'être pour la plupart des autres tissus vasculaires; mais l'analogie tend à faire admettre que les capillaires ne s'y comportent pas différemment.

Si, au contraire, on examine des vaisseaux d'un calibre plus ou moins fin, on y constate d'abord l'existence de noyaux granuleux, puis de cellules qui s'allongent en fibres; celles-ci, s'intriquant en divers sens, forment ces couches distinctes si faciles à reconnaître sur les vaisseaux plus volumineux. C'est dans la dégradation insensible des éléments histologiques qu'on a cherché les bases de classifications des vaisseaux capillaires en divers ordres. La division la plus généralement acceptée est celle de Henle (6). Pour cet observateur, la première variété de vaisseaux capillaires est constituée par ceux dont le calibre est le plus fin (0,007 à 0,030 millièmes de millimètre); une seule tunique hyaline forme leur paroi. La seconde variété comprend les capillaires de $0^{mm},030$ à $0^{mm},060$; ceux-là ont deux tuniques, dont la plus superficielle est un rudiment de la tunique moyenne des artères, réduite quelquefois à la présence de noyaux dont le grand axe est transversalement dirigé. Enfin, la troisième variété renferme des capillaires de $0^{mm},060$ à $0^{mm},120$, qui offrent trois tuniques superposées: au-dessus des deux précédentes existe, en effet, une couche à fibres longitudinales, vestige manifeste de la tunique adventive des gros vaisseaux.

Ces notions sur la structure des capillaires se rattachent à l'importante question de leurs propriétés physiologiques: il s'agit de savoir si la *contractilité*, qui existe

(1) *Dissertatio de circulatione sanguinis*. Paris, 1651.
(2) *Opera omnia*. La Haye, 1681, p. 307.
(3) *Denkschriften der Akademie zu München*, t. VII, p. 179.
(4) *Untersuchungen über den Kreislauf*. Hannover, 1828, in-8.
(5) *De penitiori auris structura in amphibiis*. Bonn, 1831.
(6) *Encyclopédie anat.*, t. VII, p. 21. — *Anat. génér.* de HENLE, traduction française de Jourdan.

d'une manière si manifeste dans les artérioles, se continue indéfiniment dans les divisions de plus en plus fines du système capillaire; ou bien si, lorsque la tunique moyenne vient à disparaître, la contractilité qui semble appartenir en propre à cette membrane disparaît en même temps. Cette supposition semble très vraisemblable, et tout porte à penser que, dans les vaisseaux les plus fins où la paroi est transparente ou semée de granulations amorphes, la contractilité n'existe pas, et que cette propriété apparaît tout au plus au moment où les capillaires présentent déjà des noyaux fibroïdes dirigés perpendiculairement à l'axe de ces vaisseaux.

Dans le schéma de Weber (*), le système capillaire est considéré, au point de vue du mouvement circulatoire, comme le siége des plus grandes résistances au passage du sang. C'est par un obstacle brusque au cours du liquide que le physiologiste allemand a cherché à imiter le rôle des petits vaisseaux. Mais cette grossière imitation ne représente l'action des capillaires que dans son résultat définitif, l'élévation de la tension dans le système artériel. Dans les vaisseaux sanguins, il n'y a pas de transition brusque entre les voies larges et les voies étroites; tous les changements s'opèrent graduellement, aussi bien pour le calibre que pour la structure. Ainsi, dans des artérioles qui sont énormes relativement aux capillaires du plus petit calibre, la vitesse du sang trouve déjà des obstacles notables. Il faut donc, au point de vue du mouvement du sang, s'abstenir de trancher la limite entre ces deux ordres de vaisseaux; car, en physiologie, on ne saurait ici s'accommoder de la limite arbitraire posée par les anatomistes.

En étudiant la circulation artérielle, nous avons insisté sur la *direction des vaisseaux* dans ses rapports avec le cours du sang: c'est qu'en effet les changements brusques que subit cette direction ont une influence notable sur la vitesse du sang, à cause des forces vives qui se produisent dans ce liquide pendant son trajet intra-artériel. Mais, dans les vaisseaux capillaires, la lenteur du mouvement est telle que les changements de direction n'ont plus la même importance. Nous n'insisterons donc pas sur les mille variétés d'aspect que peuvent offrir les réseaux vasculaires, et que l'on s'est complu à décrire avec des désignations variées. Il faut néanmoins faire remarquer que la richesse des mailles que forment entre eux les capillaires n'est pas toujours la même, et que, partout où le sang doit passer en abondance, ces vaisseaux sont plus larges et plus nombreux: il en est ainsi dans les glandes, les muscles, la substance grise de l'encéphale, etc. Les vaisseaux capillaires sont rares, au contraire, dans les tissus dont les fonctions peu énergiques réclament une nutrition moins active.

Un des points les plus importants de l'étude de ces vaisseaux, est la question des anastomoses plus ou moins larges qu'ils établissent entre les systèmes artériel et veineux. Si le sang était forcé, dans son circuit, de traverser toujours les capillaires du plus petit calibre, il éprouverait des résistances considérables. Mais les communications entre les artères et les veines sont plus ou moins directes: dans certains cas, elles peuvent s'établir par des capillaires d'un fort volume, et d'autres fois même on aurait constaté qu'une artériole, visible à l'œil nu, se recourbe en anse et se continue avec une veinule (1). L'existence d'anastomoses plus ou moins larges produit, dans la circulation capillaire, des variations nombreuses du mouvement du

(*) Voir ci-dessus, p. 764.

(1) P. Bérard, *Cours de physiologie*. Paris, 1851, t. III, p. 759.

sang. La plus grande partie du liquide étant détournée par les voies les plus larges, le courant se ralentit dans les capillaires les plus ténus, il peut même survenir dans ces points des stagnations plus ou moins prolongées. On a expliqué par là comment des substances que le sang a tenues en dissolution se conservent dans certains organes glandulaires longtemps après qu'elles ont été éliminées du reste de l'appareil circulatoire.

Ajoutons que, d'après certains auteurs, il existerait d'autres capillaires plus ténus encore que ceux dont nous avons parlé. Ces vaisseaux ne pourraient donner passage aux globules sanguins, et seraient par conséquent invisibles à l'état normal ; car les capillaires les plus fins qu'on aperçoive sont précisément ceux qui laissent encore passer un globule de sang, et l'on ne constate leur existence que par le mouvement de globules qui se fait à leur intérieur. L'existence des *vaisseaux séreux* fut longtemps une simple conjecture basée sur ce fait, qu'une membrane parfaitement incolore peut, en quelques instants, s'injecter de sang et apparaître avec une coloration plus ou moins rouge. Dès lors il fallait admettre, disait-on, ou bien la formation presque instantanée de vaisseaux, ou bien la dilatation de petits capillaires qui ne se voyaient pas auparavant, parce qu'ils ne contenaient que la partie séreuse du sang ; cette dernière interprétation serait la seule admissible d'après ce que l'on sait de la lenteur avec laquelle les tissus se développent. Du reste, le dilemme n'est pas aussi rigoureux qu'il le semble de prime abord, puisque des vaisseaux peuvent très bien contenir quelques globules sanguins sans communiquer aux parties une coloration appréciable. Aussi l'existence des vaisseaux séreux fut-elle contestée par divers observateurs : E. H. Weber (1) surtout la combattit vivement, tandis que d'autres la défendirent en affirmant qu'ils avaient vu ces vaisseaux. Krause prétend, en effet, les avoir observés, et plus récemment Doyère et Quatrefages (2) assurent avoir réussi, par des injections très pénétrantes, à rendre visibles des vaisseaux dont le diamètre serait cinq fois moindre que celui des globules sanguins.

II. — Lorsqu'on place dans le champ du microscope une membrane mince et vasculaire appartenant à un animal vivant, on peut contempler, à son tour, l'admirable spectacle observé pour la première fois, en 1661, par Malpighi (3) : *on voit le sang circuler dans les vaisseaux capillaires*. Le choix des tissus à employer n'est pas sans importance. Les grenouilles présentent, pour cette étude, plusieurs parties très convenables : la membrane interdigitale, le mésentère, la langue, la vessie, le poumon, etc. Le corps tout entier de très jeunes poissons se prête aussi à cet examen. Enfin, chez les animaux à sang chaud, on peut avec avantage employer le mésentère des souris, les embryons extraits d'œufs en incubation, etc.

La science est remplie des descriptions d'observateurs qui tous ont fidèlement parlé des mouvements variés et bizarres dont ils ont été témoins. Tous, en effet, s'accordent sur le fond, c'est-à-dire sur les résultats de l'observation ; mais, quand il s'est agi de se faire une idée des causes et de la nature de ces mouvements du sang, ils ont émis les opinions les plus divergentes. — Mentionnons d'abord ce que l'on observe :

(1) *Bericht über die Verhandlungen der Königl. Sächs. Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig*, 1856, t. III.
(2) *Journal de l'Institut*, 1847, p. 73.
(3) *De pulmonibus*, epist. II (*Opera omnia*, t. II).

Les différences de volume des capillaires influent beaucoup sur le mouvement du sang à leur intérieur. Dans les capillaires les plus larges, un courant rapide a lieu continuellement, et les globules sont entraînés avec une vélocité qui ne permet pas de distinguer nettement leur forme. Dans les plus petits vaisseaux, au contraire, les globules cheminent avec lenteur, souvent à une assez grande distance les uns des autres, et semblent, en effet, s'avancer difficilement et frotter contre les parois des vaisseaux. Suivant Leeuwenhoeck (1), Spallanzani (2) et beaucoup d'autres observateurs, ces globules sont quelquefois obligés de se déformer pour traverser ces étroites filières. D'autres fois, au milieu de l'intrication des vaisseaux et des directions variées de leur courant, on voit deux capillaires s'aboucher à un troisième, et des globules arrivant de directions opposées passer alternativement dans le capillaire unique qui ne les reçoit qu'un à un. Ailleurs c'est une pile de globules, distincts les uns des autres, et qui tous marchent avec la même vitesse, s'accélérant et se ralentissant tous à la fois. Dans d'autres points, on constate une complète immobilité par suite de quelque obstruction passagère ou de la direction contraire des courants ; puis tout à coup les globules se remettent en route. Quoiqu'on ait cru devoir décrire longuement ces spectacles si diversifiés, nous ne nous arrêterons qu'à certains détails qui ont une signification importante.

Dans les vaisseaux qui sont assez larges pour permettre le passage de plusieurs globules de front, on peut observer que tous les globules qui, à un moment donné, occupent une même tranche dans la colonne en mouvement, ne restent pas longtemps au même niveau, mais que les plus rapprochés de l'axe, animés d'une vitesse plus grande, laissent bientôt les autres en arrière. Ce fait, signalé déjà par Malpighi (3), Schreiber (4), etc., a été bien expliqué de nos jours par Poiseuille (5). Utilisant un phénomène physique connu, cet expérimentateur admet que les couches du liquide sanguin les plus rapprochées des parois des vaisseaux contractent avec ces parois des adhérences qui retardent leur mouvement. Une couche de liquide complétement immobile est fixée à la surface intérieure du conduit vasculaire ; en dedans de cette couche s'en trouve une autre qui glisse sur la première avec un mouvement très lent ; plus en dedans encore, le courant est plus rapide, et ainsi de suite jusqu'à l'axe du vaisseau où la vitesse est à son maximum.

De chaque côté de la colonne des globules en mouvement, les micrographes avaient signalé un double contour transparent que E. H. Weber (6) avait pris pour des lymphatiques qui longeraient le vaisseau. Poiseuille (7) montra que c'est une couche de sérum dépourvue de globules qui tapisse l'intérieur du vaisseau, et que l'immobilité de cette couche est la cause de l'absence des globules à son intérieur. Il suffit d'examiner pendant quelques instants le courant sanguin dans ces vaisseaux, pour comprendre comment se forme la couche transparente du sérum. Il arrive souvent qu'un des globules qui chemine au centre d'un capillaire se trouve poussé vers la paroi : un de ses bords s'engage plus ou moins profondé-

(1) *Ouvr. cit.*
(2) *Expériences sur la circulation*, p. 284.
(3) *De omento et adiposis ductibus*, p. 42.
(4) *Almagestum medicum*. Lipsiæ, 1757, in-4, p. 227.
(5) *Recherches sur les causes du mouvement du sang dans les capillaires*, p. 45 et suiv. (*Mém. des savants étrangers*, t. VII).
(6) MÜLLER'S *Archiv für Anat. und Physiol.*, 1837, p. 267.
(7) *Loc. cit.*, p. 144.

ment dans la couche immobile, ce qui tend à ralentir son mouvement ; pendant ce temps, l'autre bord est entraîné par le courant, et de là résulte un mouvement de rotation du globule qui se dégage pour reprendre sa marche. Lorsqu'un globule est plus profondément engagé dans la couche immobile, il y reste quelquefois fixé jusqu'à ce que le choc de quelque autre globule vienne le frapper par son bord libre, et, le dégageant ainsi, le rende à la circulation.

C'est donc la vitesse du courant sanguin à l'intérieur du vaisseau qui empêche les globules du sang de se tenir dans le voisinage des parois, et produit ainsi la couche transparente du sérum. Poiseuille en a donné la preuve en montrant que l'arrêt du cours du sang supprime cette couche transparente, et que réciproquement la largeur de cette couche est d'autant plus grande, que la vitesse du courant est plus considérable. Pour établir ce fait, Poiseuille se servit de petits cylindres de platine qu'il posait en travers sur les capillaires, de manière à oblitérer ces vaisseaux par compression. Il vit alors qu'aussitôt qu'on arrête le courant dans un rameau vasculaire, la couche transparente disparaît, et que les globules arrivent jusqu'au contact de la paroi. Si l'on ne fait que diminuer la vitesse du courant, la couche immobile est seulement diminuée d'épaisseur. Enfin, lorsque des changements du calibre d'un vaisseau capillaire donnent au courant intérieur des vitesses inégales, l'épaisseur de la couche transparente varie en sens inverse de la vitesse : elle est très faible dans les dilatations en ampoule, et très grande dans les points resserrés.

Ces mouvements singuliers des globules, sous l'influence de l'écoulement du sérum dans lequel ils nagent, ont été généralement bien observés, mais assez mal compris par beaucoup de micrographes. Le liquide qui les tient en suspension est invisible à tel point, que quelques auteurs ont nié son existence, et supposé que les globules roulent à sec dans les vaisseaux : dès lors il n'était plus possible de se rendre compte de ces étranges déplacements de chacun de ces petits corps sans invoquer des forces mystérieuses. Lorsqu'une série de globules qui ne se touchent pas chemine dans un vaisseau, quelle est la force qui les pousse, quel est l'agent qui leur imprime une direction, les fait s'arrêter, puis reprendre leur mouvement, s'attirer, se repousser, tournoyer sur eux-mêmes ?

Dédaigneux des forces physiques, quelques observateurs ont mieux aimé, comme Dœllinger (1), douer les globules du sang d'une spontanéité particulière, d'une sorte de vie propre, analogue à celle des infusoires. D'autres ont cru moins accorder à l'hypothèse en admettant une espèce de polarité des globules par suite de laquelle ils s'attireraient et se repousseraient. Au lieu de se mettre autant en frais d'imagination, s'ils avaient étudié, comme Poiseuille, les conditions hydrauliques de la circulation capillaire, comme lui aussi ils auraient vu que tout s'explique sans qu'il soit besoin d'avoir recours à ces forces mystérieuses dont les théories de la circulation ont été malheureusement encombrées.

Les lois du mouvement des liquides expliquent très bien aussi les directions si variées et si changeantes du courant du sang observées dans les capillaires. La disposition anatomique régit dans certaines limites le sens du courant. Ainsi, on voit les capillaires s'incurver pour se réfléchir du côté du système veineux : dès lors, dans deux vaisseaux juxtaposés, le sang pourra offrir deux directions opposées, sans cesser de marcher des artères dans les veines. Ailleurs deux capillaires de même

(1) *Sur la circulation du sang* (*Journ. des progrès des sc. méd.*, 1828, t. IX, p. 35).

direction s'envoient une arcade anastomotique : le courant pourra être nul dans cette dernière, si ses deux bouts reçoivent le liquide avec la même force d'afflux. Qu'un obstacle quelconque gêne la circulation dans l'un des deux capillaires, la pression de l'autre, devenant plus forte, déterminera la direction du mouvement dans la branche anastomotique.

On peut, d'une manière générale, considérer le mouvement du sang comme régulier dans les capillaires ; quand ces vaisseaux offrent un petit volume, l'élasticité du système artériel a suffisamment agi pour transformer l'impulsion intermittente du cœur et éteindre la saccade. Dans les petits vaisseaux, la continuité du courant est souvent empêchée par la présence des globules du sang : ceux-ci peuvent s'embarrasser entre eux au milieu de ces voies étroites, et fermer le chemin à une longue pile d'autres globules qui s'accumulent derrière eux, jusqu'à ce que les premiers se déplaçant, tous les autres reprennent leur cours. Ce sont là des phénomènes normaux dans la circulation capillaire, et ces petits encombrements passagers sont parfaitement compatibles avec l'intégrité de la fonction. Il est d'autres irrégularités de la circulation capillaire qui dénotent un trouble profond dans l'action du cœur. — Lorsqu'un animal s'affaiblit et va mourir, la circulation capillaire passe par des phases successives de décroissance avant de s'éteindre tout à fait. D'abord une saccade apparaît, chaque contraction du cœur provoque un redoublement dans la rapidité du courant sanguin qui se ralentit dans l'intervalle des systoles. A un degré plus avancé d'affaiblissement de l'animal, la circulation devient intermittente, et le sang ne progresse plus qu'au moment de la systole ; il s'arrête ensuite jusqu'à la prochaine contraction du cœur. Enfin, plus tard encore, le sang oscille presque sans progresser ; la contraction du cœur le pousse en avant, après quoi il rétrograde pour avancer encore, et ainsi de suite.

Haller (1) a très bien observé et décrit ces phénomènes de la circulation languissante ; Spallanzani (2) les a constatés pareillement, et Poiseuille (3) les a reproduits dans ses expériences. Quoiqu'on n'ait pas donné jusqu'ici une explication satisfaisante de ces saccades du sang dans les vaisseaux capillaires, personne ne peut douter que ce ne soit là un effet de l'impulsion cardiaque. On peut encore donner lieu à ce phénomène chez un animal dont la circulation s'effectue régulièrement : ainsi, chez une grenouille, il suffit d'interrompre le passage du sang dans la veine de la cuisse pour observer des saccades, puis des oscillations, dans les vaisseaux de la membrane interdigitale. Le mécanisme de leur production est alors facile à expliquer : chaque systole du cœur pousse le sang vers les veines, et celles-ci à leur tour ne pouvant, à cause de la ligature, se vider du sang qu'elles contiennent, réagissent par leur élasticité.

III. — *Les causes du mouvement du sang dans les capillaires* ont donné lieu à bien des controverses. Bichat (4) pensait que l'action du cœur s'arrête dans les artérioles, et que au delà de ces vaisseaux, c'est-à-dire dans les capillaires, le sang est mis en mouvement par des forces d'une autre origine. Il est difficile de comprendre sur quelles raisons il basait cette opinion. Serait-ce parce que le

(1) *Deux mémoires sur le mouvement du sang*. Lausanne, 1756, p. 88.
(2) *Expér. sur la circulation*, p. 156, 192, etc.
(3) *Recherches sur les causes du mouvement du sang dans les vaisseaux capillaires* (*Mém. de l'Académie des sciences de Paris*, 1835, *Savants étrangers*, t. VII, p. 141).
(4) *Anatomie générale*. Paris, 1801, t. I, p. 509.

mouvement du sang est continu dans les capillaires, ce qui ne semble pas compatible avec l'action intermittente du cœur? Nous savons aujourd'hui que l'élasticité artérielle produit cette transformation du mouvement, et qu'elle ne fait que changer la répartition d'une force initiale qui est tout entière déployée par le ventricule gauche. La meilleure raison que Bichat ait pu avoir pour attribuer à la circulation capillaire une cause différente de l'impulsion cardiaque, c'est la difficulté d'expliquer avec cette force unique et centrale les variations locales de la circulation dans ces petits vaisseaux. Bichat supposa donc que les capillaires sont doués d'une contractilité particulière, grâce à laquelle ils poussaient du côté des veines le sang que le cœur serait impuissant à conduire plus loin. Il est vrai que la contractilité des capillaires existe; mais telle qu'elle est, cette propriété ne saurait en rien donner au sang une impulsion nouvelle. P. Bérard (1) fait très judicieusement observer que, pour que la contraction agisse comme le voulait Bichat, il faudrait qu'elle fût rhythmique, alternant avec des relâchements qui permettraient aux vaisseaux de se remplir après s'être vidés; il faudrait, en outre, que le reflux du sang du côté des artères fût rendu impossible au moyen de valvules, et celles-ci n'existent pas. En définitive, la contraction des capillaires ayant une tendance égale au reflux du sang et à sa propulsion ne saurait en rien favoriser la circulation dans ces vaisseaux.

Cette critique s'applique également aux idées de Broussais (2) qui considérait les capillaires comme un cœur périphérique. La contractilité des petits vaisseaux joue assurément un grand rôle dans la circulation, mais ce n'est pas à titre d'agent d'impulsion ; c'est au contraire comme régulateur des résistances que le sang doit éprouver, suivant que le calibre des voies où il chemine est plus ou moins étroit.

La cause véritable du mouvement du sang dans les capillaires, c'est la force du cœur *transformée en tension artérielle*. Ce n'est pas à dire que cette influence soit absolument la seule : ainsi, la pesanteur peut, de même que pour les artères, exercer une influence favorable ou contraire au courant du liquide sanguin. En général, on a attribué aux actions physiques une trop grande importance : ainsi Poiseuille (3), observant que le froid ralentit la circulation capillaire et que la chaleur l'accélère, pensa qu'il n'y avait là qu'un effet physique de la chaleur sur le plus ou moins d'adhérence du sérum aux parois des vaisseaux ; que le froid augmentait cette adhérence et que la chaleur la diminuait. Dès lors, la couche immobile du sérum, devenant plus ou moins épaisse, rétrécissait plus ou moins la partie perméable aux globules.

Les forces qui chassent le sang à travers les capillaires étant signalées, il faut, pour compléter l'étude de cette circulation, indiquer les résistances qu'éprouve, dans ces vaisseaux, le courant qui les traverse. Ces résistances peuvent dépendre, d'une part, du diamètre des vaisseaux, et, d'autre part, de la nature même du fluide sanguin qui coule avec plus ou moins de facilité.

Le *diamètre des vaisseaux capillaires* peut éprouver des changements dont les causes sont variées. Les tuniques vasculaires; étant élastiques, cèdent dans les cas où la tension intérieure est augmentée, et alors le vaisseau se dilate ; tandis qu'il se res-

(1) *Cours de physiologie*, t. III, p. 774.
(2) *Mém. de la Société médic. d'émulation*, t. VII.
(3) *Mém. et Rec. cit.*, p. 165.

serre si cette tension diminue. Mais il est aussi des variations actives du calibre des capillaires qui tiennent à la contractilité propre à ces vaisseaux ; et, en effet, sous diverses influences, on les voit se resserrer ou se relâcher pour devenir ainsi plus ou moins perméables au sang.

Les changements passifs du diamètre des capillaires sont les moins importants. On peut les démontrer en faisant intervenir la pesanteur dans la circulation : si une partie est placée dans une position déclive, la tension s'accroît, ses vaisseaux s'élargissent, et le cours du sang y devient plus rapide. Si l'impulsion du cœur augmente, le même phénomène a lieu, et, dans tout le corps, la circulation se fait avec plus d'activité. L'inverse se produit dans la syncope : le cœur cessant d'envoyer du sang, les artérioles et les capillaires reviennent sur eux-mêmes.

Enfin si, au moyen d'une ligature, on soustrait une artère à l'impulsion cardiaque, toutes ses branches et les capillaires qui en émanent se resserrent et se vident dans le système veineux. Cette dernière expérience était souvent répétée par Magendie, dans le but d'établir que les vaisseaux n'agissent dans la circulation que par leur élasticité. Mais rien ne prouve que, même dans ce cas, la contractilité ne soit pas venue joindre son influence à celle du retrait élastique.

L'existence de la *contractilité des capillaires* a été longtemps débattue. Bichat(1) l'admettait, avons-nous dit, mais il lui attribuait des caractères si étranges, que ses opinions sur ce sujet n'ont fait que donner plus de prise à ses adversaires. Déjà, avant Bichat, dans les doctrines médicales de Sydenham et de Cullen (2), on avait fait jouer un rôle important à la contractilité des vaisseaux capillaires. Hales (3) l'avait admise également et s'en servait pour expliquer le passage plus ou moins rapide du sang après l'injection de certaines substances dans le système vasculaire. De nos jours, les négations qui se sont élevées contre la contractilité des capillaires tenaient surtout à l'idée qu'on se faisait des limites exactes de ce système de vaisseaux. Les anatomistes, qui n'entendaient appliquer le nom de *capillaires* qu'aux plus petits des vaisseaux sanguins, s'appuyaient sur la trop grande simplicité de leur structure pour nier l'existence de la contractilité ; mais plus on se rapproche des branches artérielles, plus cette propriété devient incontestable, de l'avis de tous. Nous avons déjà vu comment Henle a tranché la question en ne refusant la contractilité qu'aux capillaires du plus petit calibre. Allant plus loin, nous dirons que, au point de vue physiologique, les limites du système capillaire doivent être beaucoup reculées. Quel est en effet le rôle que nous avons assigné à ces vaisseaux dans l'ensemble de l'appareil circulatoire ? Celui de régulariser la quantité de sang que doit recevoir un tissu, et de représenter un obstacle derrière lequel la tension artérielle devient considérable. Or, c'est surtout en remontant du côté des artérioles que ces effets se rencontrent ; les capillaires, aux yeux du physiologiste, comprendront donc aussi les artérioles ténues dans lesquelles le sang éprouve de notables résistances.

L'anatomie nous a appris que c'est le même élément contractile qui se rencontre dans les artères et leurs terminaisons capillaires ; c'est aussi la même espèce de contraction qui s'observe de part et d'autre. Les nerfs qui animent les capillaires sont ceux dont nous avons parlé assez longuement à propos des artères ; si le scalpel

(1) *Anat. générale*, t. I, p. 509. Paris, 1801.
(2) *Eléments de méd. prat.*, traduct. de Bosquillon. Paris 1785, t. I, p. 19 et suiv.
(3) *Hæmastatique*, p. 99, trad. franç. de Sauvages.

ne peut les suivre assez loin sur les vaisseaux, l'expérimentation physiologique a révélé leur influence. Il n'y a rien de spécial à dire ici au sujet de leur action; c'est toujours celle que nous avons décrite pour les artères, c'est-à-dire que certains nerfs président à la contraction des vaisseaux capillaires, et que d'autres en provoquent le relâchement.

Considérée en elle-même, et abstraction faite des influences nerveuses, la contractilité des capillaires offre à l'étude un très grand intérêt. Il s'agit, en effet, de déterminer le mode d'action de nombreux agents dont les uns font relâcher ces vaisseaux et dont les autres les font se contracter.

Depuis longtemps les physiologistes ont employé des substances chimiques ou des agents physiques appliqués sur les membranes dont ils étudiaient la circulation au microscope. Thomson (1), s'étant servi d'une solution d'ammoniaque, de sel marin, etc., vit que l'ammoniaque fait contracter les capillaires, tandis que l'eau salée les fait dilater. Wharton Jones (2) publia des études de même genre. Ces auteurs avaient pour but d'étudier les conditions anatomiques et physiologiques des petits vaisseaux dans les parties enflammées. Hastings (3), ayant fait un usage comparatif de l'eau chaude et de la glace, reconnut que le premier de ces agents dilate les petits vaisseaux, tandis que le second les contracte, etc.

En étudiant l'influence des actions traumatiques, Marey (4) institua des expériences qui permettent à chacun d'étudier sur soi-même la contractilité des petits vaisseaux. Pour juger de leur dilatation et de leur resserrement, il suffit d'observer les différentes colorations que prennent les téguments lorsqu'on les gratte avec plus ou moins de force : la pâleur est l'indice du resserrement des capillaires qui chassent le sang de leur intérieur, et la rougeur annonce le relâchement de ces vaisseaux qui se laissent distendre par le sang. Voici les expériences fort simples dont il s'agit :

— Si l'on passe sur un point des téguments (le dos de la main, par exemple) un corps mousse, en traçant une ligne, on chasse mécaniquement le sang des vaisseaux, et l'on a ainsi tracé une ligne pâle, exsangue, qui, une seconde après, a disparu; le sang est rentré dans les vaisseaux quand l'obstacle a cessé, et la peau a repris sa teinte normale. Regarde-t-on le même endroit vingt ou trente secondee après, la ligne blanche a reparu comme la première fois, mais plus persistante; elle dure quelquefois plus d'une minute.

Il paraît rationnel d'admettre, comme explication de cette *tache* ou *ligne blanche*, une contraction des vaisseaux qui réagissent contre l'excitation produite et chassent le sang de leur cavité, en laissant exsangue la partie impressionnée. C'est là une interprétation qui semble d'autant plus légitime, qu'elle est la plus simple et qu'elle a déjà des analogues dans la physiologie; elle ressemble beaucoup, en effet, au phénomène de contraction d'une artère coupée. Dans les deux cas, on voit un *retard* de la contraction sur l'impression, et une durée considérable de la contraction quand l'impression a cessé.

— Voyons ce qui se passe si l'on trace la ligne avec plus de force et avec un instrument aigu (le tranchant de l'ongle, par exemple), de manière à produire sur la

(1) *Traité médico-chirurgical de l'inflammation*. Paris, 1827, trad. franc., p. 56 et suiv.
(2) *On the State of the Blood and the Blood-Vessels in Inflammation* (GUY'S *Hospital Reports*, 2e série, t. VII, p. 10).
(3) *Entzündungsgeschichte der Schleimhaut der Lungen*, p. 63.
(4) *Ann. des sciences nat.*, Zool., 4e série, t. IX, p. 68 et suiv.

peau une impression vive et même un peu de douleur. Dans ce cas, un phénomène un peu différent se passe : une *ligne rouge* paraît sur le trajet de l'instrument, elle est limitée aux parties directement touchées et offre la largeur de l'instrument contondant. En même temps, de chaque côté apparaît un *liséré blanc* identique avec la ligne blanche décrite dans la première expérience.

« Que doit-on conclure de ce second fait, dit l'auteur de ces observations, si ce n'est que les parties qui forment le liséré blanc se sont trouvées en dehors du maximum d'action de l'instrument, et n'ont reçu d'excitation qu'une dose contre laquelle elles pouvaient réagir, tandis que pour les autres, plus fortement contuses, la contractilité des vaisseaux a été détruite par une action exercée, soit sur le tissu même, soit sur le système nerveux correspondant à la partie touchée. Dans l'une ou l'autre hypothèse, la rougeur est due à la perte de contractilité des vaisseaux. »

La contractilité vasculaire nous offre un point de ressemblance avec celle des muscles de la vie animale : c'est que la production même de la contraction l'épuise au bout d'un certain temps, de même que l'exercice d'un muscle amène sa fatigue et son affaiblissement momentané. L'analogie nous porte à chercher si l'exercice répété de cette force ne l'augmenterait pas à la longue, de même que l'exercice des muscles augmente la force musculaire et la résistance à la fatigue. — Or, on peut voir que précisément les influences traumatiques répétées rendent la partie qui les subit moins susceptible d'épuiser sa contractilité vasculaire. En voici des preuves :

— « Une excitation traumatique portée sur un point des téguments abrité d'ordinaire contre les contacts un peu durs (l'épigastre), et la même excitation portée sur un point qui se trouve dans des conditions inverses (la main), produit dans le premier point une trace rouge, et sur la main une trace pâle, c'est-à-dire épuise la contractilité dans le premier point et ne fait que la mettre en jeu dan le second. »

Ces expériences mettent en relief un caractère intéressant de la contractilité, en montrant l'influence inverse des excitants suivant qu'ils sont plus ou moins forts. Des effets analogues avaient été obtenus dans les recherches faites sur l'action des agents chimiques, et dans lesquelles les membranes vasculaires avaient été mouillées avec des solutions salines plus ou moins concentrées : une solution faible déterminait la contraction des vaisseaux, une solution forte leur dilatation.

Toutes ces variations du diamètre des vaisseaux, bien qu'elles aient pour cause immédiate une propriété physiologique de leurs parois, agissent sur le mouvement du sang d'après les lois physiques, c'est-à-dire que plus les vaisseaux seront dilatés, plus la rapidité de la circulation sera grande. Les assertions de plusieurs observateurs semblent en contradiction avec ces lois, mais il est bien établi aujourd'hui que le resserrement des petits vaisseaux ne produit jamais qu'une accélération du mouvement des globules en les faisant passer un à un dans les conduits qui auparavant en recevaient plusieurs de front : quant à la quantité totale des globules qui traversent un vaisseau, elle est toujours proportionnelle à son diamètre, si les conditions de force d'afflux sont identiques.

La *nature du sang* n'est pas non plus ici sans influence sur la vitesse du mouvement de ce fluide. Nous savons que, dans les capillaires les plus fins, les globules du sang sont obligés de se déformer pour s'accommoder au diamètre des conduits;

il en résulte nécessairement une résistance produite par des frottements véritables, et quand ce petit obstacle se répète à l'infini par le nombre même des globules ainsi engagés, il doit occuper une place importante dans la somme des résistances qu'éprouve le passage du sang. Aussi a-t-on expliqué par la variation du chiffre des globules, dans certains états pathologiques, les variations correspondantes qui se produisent dans la rapidité de la circulation. Peut-être serait-ce trop donner de valeur aux causes physiques que de croire, avec Poiseuille (1), que les substances injectées dans le sang influent sur son passage par une simple modification de sa fluidité. Cet auteur, il est vrai, a montré que, dans des tubes où coulent des liquides différents, certaines dissolutions salines passent plus vite que d'autres ; il a même remarqué que les sels dont la présence accélère le cours du liquide dans les tubes semblent accélérer aussi la rapidité du passage du sang dans les vaisseaux ; mais Poiseuille niait l'existence de la contractilité des capillaires, et nous pensons que cette propriété, que personne ne conteste plus, doit avoir, comme le supposait Hales (2), la plus grande part dans ces influences.

Les résistances qu'éprouve le passage du sang dans les capillaires dépendent encore des pressions extérieures qui tendent à diminuer ou à fermer complétement le calibre de ces vaisseaux ; on sait qu'il suffit d'exercer une pression sur un point des téguments pour en chasser le sang et décolorer ce point pour un instant : pendant tout le temps que dure la pression, la circulation n'existe plus. C'est pour cette raison que les pressions prolongées amènent la mortification des tissus. Il est pourtant une pression très énergique qui s'exerce perpétuellement sur tous les êtres vivants : c'est la pression atmosphérique. L'influence qu'elle peut avoir sur le cours du sang a de tout temps préoccupé les observateurs. Des troubles circulatoires apparaissent lorsqu'on s'élève en ballon à une assez grande hauteur pour que la pression atmosphérique soit notablement diminuée ; les mêmes accidents s'observent quand on gravit de hautes montagnes. D'autre part, Pravaz et plusieurs autres médecins, plaçant des individus dans des chambres où ils comprimaient l'air à l'aide d'une machine foulante, disent avoir obtenu des modifications considérables dans la circulation (3). Poiseuille (4) chercha à résoudre par l'expérience cette intéressante question : sur des animaux à sang froid, qu'il soumettait à une pression augmentée ou diminuée, il ne constata dans l'un et l'autre cas aucune modification du cours du sang. Spallanzani (5) avait déjà vu la circulation capillaire continuer régulièrement sur des animaux placés dans le vide presque complet. Comment concilier ces faits négatifs avec ceux que nous citions tout à l'heure ? Jusqu'ici il semble impossible de se prononcer sur ce sujet, dont la solution appelle de nouvelles recherches expérimentales.

On vient de voir combien d'influences diverses modifient la *vitesse du sang dans le système capillaire*. Ces variations si grandes, survenant principalement sous

(1) *Recherches expérimentales sur l'écoulement des liquides de nature différente dans les tubes de très petits diamètres* (*Ann. de chimie*, 3e série, 1847, t. XXI, p. 76). — *Recherches expérimentales sur l'écoulement des liquides, considéré dans les capillaires vivants* (*Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, 1843, t. XVI, p. 60).

(2) *Hæmastatique*, p. 99.

(3) PRAVAZ, *Essai sur l'emploi médical de l'air comprimé*. Paris, 1850, p. 37. — TABARIÉ, *Comptes rendus des séances de l'Acad. des sc. de Paris*, année 1838, t. VI, p. 896 ; année 1840, t. XI, p. 26.

(4) *Rech. expérim. sur les causes du mouvement du sang dans les capillaires*, p. 70.

(5) *Expériences sur la circulation*, p. 299.

l'influence de la contractilité de ces vaisseaux, devaient enlever aux physiologistes l'espérance de trouver jamais une évaluation numérique exacte de cette vitesse. Cependant beaucoup de tentatives ont été faites dans cette voie. En examinant au microscope le cours du sang dans la patte d'une grenouille, par exemple, on voit les globules animés d'une vitesse extrême ; mais, comme cette vitesse est exagérée par le grossissement même de l'instrument, il faut la soumettre à une réduction que le calcul indique. Mesure-t-on le temps que met un globule à parcourir un trajet d'une longueur connue, on peut arriver à en déduire la vitesse de son mouvement : c'est presque toujours ainsi que les observateurs ont procédé pour obtenir leurs diverses évaluations. Hales (1) était arrivé à un chiffre qui correspondait à environ 0^{mm},28 par seconde ; depuis lors Weber (2) trouva 0^{mm},57, Valentin (3) 0^{mm},50, etc. Ces résultats, tout divergents qu'ils sont, démontrent au moins que dans les capillaires le cours du sang est très lent, comparativement à la vitesse qu'il présente dans les troncs et les branches artérielles. Ce fait, qui était facile à prévoir, résulte de la capacité même du système capillaire dont l'aire totale, comparée à celle de l'aorte à son origine, serait, d'après Donders (4), comme 500 est à 1 ; et, suivant Vierordt (5), comme 800 est à 1.

Ayant étudié la *circulation capillaire* en elle-même, ainsi que l'action propre aux petits vaisseaux, nous pouvons maintenant compléter notre examen du rôle qu'elles jouent dans l'ensemble de la circulation, et chercher à apprécier les résultats que la facilité plus ou moins grande des capillaires à se laisser parcourir par le sang produit, non-seulement dans un point isolé du corps, mais dans toute la circulation artérielle et jusque dans l'activité du cœur lui-même.

Toutes les fois que, dans une *région limitée* de l'économie, apparaît une variation spontanée de l'état circulatoire, cela tient à un changement dans l'état même des capillaires, changement provoqué par l'influence du système nerveux. Le relâchement d'un certain nombre de ces vaisseaux détermine la rougeur, le gonflement, l'élévation de température de la partie correspondante qui reçoit alors plus de sang dans un temps donné. Au contraire, le resserrement des mêmes vaisseaux y produit la pâleur, la diminution de volume, une sorte d'amaigrissement temporaire et un refroidissement notable, par suite de l'abord difficile du sang.

A chaque instant, le pathologiste se trouve en face de phénomènes de ce genre, qu'on cherchait autrefois à expliquer par des forces mystérieuses d'appel du sang dans les différents points du corps. Aujourd'hui, on admet assez généralement la précédente explication pour les anémies et les congestions locales.

A-t-on affaire à des variations générales de la circulation capillaire, c'est encore à la même explication qu'il faut avoir recours. Les deux états opposés, l'*algidité* et la *chaleur fébrile*, semblent dus, le premier à la contraction de tous les vaisseaux capillaires, et le second à leur relâchement. A cette occasion, Marey (6) fait remarquer la frappante analogie qui existe entre ces phénomènes et ceux que l'on peut constater *de visu*, en observant la circulation au microscope. Il n'y a, dans ces états, qu'une généralisation de ce qu'on voit se passer sur des points localisés

(1) *Loc. cit.*, p. 58.
(2) MULLER'S *Archiv*, 1838, p. 467.
(3) *Lehrbuch der Physiologie des Menschen*, t. I, p. 482.
(4) *Physiologie des Menschen*, t. I, p. 131.
(5) *Die Erscheinungen und Gesetze der Stromgeschwindigkeiten des Blutes*, p. 72.
(6) *Thèse inaug.* Paris, 1859, p. 93.

d'une membrane vasculeuse : ici le relâchement des vaisseaux succède à leur contraction comme effet secondaire; dans les maladies à deux stades, la fièvre vient toujours après l'algidité, dont elle est la conséquence. De part et d'autre, le même phénomène semble s'être produit : il y a épuisement de la force contractile des vaisseaux, il y a fatigue, pour ainsi dire, de leur élément musculaire.

En allant plus loin dans l'étude de l'ensemble symptomatique de l'algidité et de la fièvre, on peut trouver, dans l'état des capillaires, la cause de ce qui se passe alors du côté de la circulation veineuse et du côté de l'action du cœur.

Dans la fièvre, les artères sont plus grosses, plus molles au toucher, leurs battements sont plus énergiques, la trace sphygmographique de leurs pulsations donne des caractères spéciaux (Marey). — Tout cela résulte de l'affaiblissement de la tension artérielle, affaiblissement qui, à son tour, est une conséquence du passage plus rapide du sang à travers les capillaires dilatés. La chlorose offre souvent le même cortége de symptômes du côté de la circulation artérielle, et ce paraît être par suite de la faible tension et du passage plus rapide d'un sang moins riche en globules. Dans les précédentes affections, les artères offrent des bruits de souffle, dont la production est d'autant plus facile que la tension artérielle est plus faible. — L'algidité donnant lieu à des effets absolument inverses du côté de la circulation dans les artères, il serait inutile de montrer avec plus de détails que tous sont sans doute produits par la tension plus élevée qui résulte de la contraction des capillaires.

Dans la fièvre, le cœur battant plus vite, on pourrait supposer que les effets observés du côté des artères résultent de ce surcroît apparent d'activité du cœur. Mais, comme nous l'avons déjà vu (1), Marey admet, d'après ses expériences, que la fréquence des battements du cœur est réglée par les résistances que lui oppose la tension artérielle, et que, par exemple, plus cette dernière est faible, plus le cœur bat fréquemment sans dépenser, pour cela, plus de force que de coutume. Dans l'état fébrile, si la circulation est plus rapide : si, par les capillaires, les artères et même par le cœur, il passe une masse de sang plus grande dans un temps donné, cela tiendrait donc, d'après cet observateur, non pas à un surcroît dans la force d'impulsion du sang, mais à une diminution des résistances du côté des capillaires. — On serait ainsi amené à considérer les petits vaisseaux comme chargés de régler la vitesse de la circulation, non-seulement dans le parenchyme d'un organe, mais encore dans l'ensemble de l'appareil sanguin.

COURS DU SANG DANS LE SYSTÈME VEINEUX.

Lorsque le sang a subi dans les capillaires généraux et dans les capillaires pulmonaires les changements qui résultent de la nutrition et de l'hématose, il revient de nouveau au cœur, et c'est le *système veineux* qui est chargé de ce transport centripète.

L'action du cœur est-elle pour quelque chose dans la progression du sang veineux ? On s'étonne de voir que cette question ait été autrefois si longuement discutée. Aujourd'hui, tout le monde reconnaît que c'est l'impulsion cardiaque qui, après avoir chassé le sang à travers les capillaires, préside encore, sous le nom

(1) Page 811.

de *vis à tergo*, au cours rétrograde de ce liquide dans les conduits veineux : mais si l'on se reporte aux idées qui régnaient dans la science à l'époque de Bichat ; si l'on se rappelle que ce dernier avait considéré l'action du cœur comme épuisée au niveau des capillaires, et avait doué ces vaisseaux d'une force impulsive nouvelle qui en faisait comme une sorte de *cœur périphérique*, on comprendra tout l'intérêt qui s'attachait à ce problème dans les premières années de ce siècle, et le service que les expériences de Magendie (1) ont rendu, en rectifiant l'opinion alors généralement admise en France.

Les démonstrations de cet expérimentateur (2) n'avaient rien que de bien simple. Il mettait à nu l'artère crurale d'un chien, et étreignait dans une ligature tout le membre, sauf ce vaisseau : dès lors, le sang continuait à affluer dans la patte, et, n'en pouvant plus revenir, distendait son système veineux. Si alors une piqûre était faite à la veine crurale gonflée, un jet de sang s'échappait tant que l'artère restait perméable ; tandis que, si une compression était établie sur ce vaisseau, on voyait le jet faiblir et s'arrêter lorsque les veines distendues étaient revenues sur elles-mêmes par leur élasticité. En cessant la compression de l'artère, on faisait presque immédiatement reparaître le jet par l'ouverture de la veine. — Pourtant ces expériences n'avaient pas pleinement satisfait les esprits. Le jet du sang veineux ne s'arrête pas aussitôt que l'artère est comprimée et que le cours du sang, dans le membre, est soustrait à l'action du cœur. On ne méconnaîtrait plus, de nos jours, cet effet de l'*élasticité* des vaisseaux qui, distendus par l'impulsion cardiaque, continuent le mouvement du sang en revenant sur eux-mêmes : c'est toujours la même action que nous avons vue déjà dans le système artériel où elle agit pour supprimer l'intermittence des afflux ventriculaires et rendre continu le cours du sang dans les petits vaisseaux.

Pour prouver que la force déployée par le cœur est capable d'agir sur le mouvement du sang jusque dans les veines, il aurait dû suffire de se rappeler les expériences de Hales, qui, sur un animal tué, poussait des injections dans les artères avec une force qui n'excédait pas celle du cœur : il voyait alors ce liquide revenir par les veines sans qu'on pût invoquer, pour produire ce retour, d'autre force que l'impulsion initiale.

L'action des systoles cardiaques est néanmoins bien réduite lorsque le sang arrive dans le système veineux ; elle a été en grande partie consommée par les résistances que les voies traversées ont déjà offertes au sang. Ces voies elles-mêmes, pouvant être plus ou moins étroites, à cause de la contractilité propre dont sont doués les petits vaisseaux, consomment plus ou moins de l'impulsion du cœur, de sorte que le *vis à tergo*, c'est-à-dire ce qui reste de force au sang qui a franchi les capillaires, est une quantité variable, très faible lorsque les capillaires sont resserrés, plus grande quand ils sont relâchés.

Une expérience de Cl. Bernard, déjà citée précédemment, met bien ce fait en évidence. Si, après avoir mis à nu les veines de la glande sous-maxillaire, on fait contracter les capillaires de cette glande en galvanisant les filets du grand sympathique qui s'y distribuent, on voit le sang ne plus revenir qu'en très petite quantité par les veines; une ouverture faite à ces vaisseaux le laisse couler en nappe et très lentement. Au contraire, galvanise-t-on le filet de la corde du tympan qui fait

(1) *Mémoire sur l'action des artères dans la circulation*, lu à l'Académie des sciences de Paris en 1817, et inséré dans le *Journal de physiol. expérim.* Paris, 1821, t. I, p. 102.
(2) *Rec. cit.*, t. I, p. 111.

relâcher les capillaires, le sang s'écoule en abondance par les veines, et s'échappe en formant un jet semblable à celui d'une artère.

Ce qui se passe alors, en un point restreint de l'arbre vasculaire, peut exister aussi dans l'appareil circulatoire tout entier.

Plus le système capillaire sera étroit et difficile à se laisser traverser par le sang, plus aussi il y aura d'inégalité entre la tension artérielle et la tension veineuse. Ces deux tensions sont toujours en sens inverse l'une de l'autre, et c'est l'état des capillaires qui règle leurs différences.

La figure 34 fait comprendre ces variations toujours inverses des tensions artérielles et veineuses (1). Si l'on se reporte au schéma de Weber (*), on comprendra facilement ce qui se passe dans chacun des tubes de calibres différents qui représentent les systèmes artériel, capillaire et veineux. La pression dans chacun de ces tubes est indiquée par le niveau de piézomètres dans lesquels le liquide s'élève.

Soit un tube ACV, dans lequel on observe trois diamètres différents. Le courant se fait de A en V. La partie capillaire C peut être rendue à volonté plus ou moins large. Lorsque cette partie du tube qui correspond au système des vaisseaux capillaires est à son maximum d'étroitesse, la tension est grande dans la partie du tube qui correspond aux artères, ce qu'indiquent les niveaux des piézo-

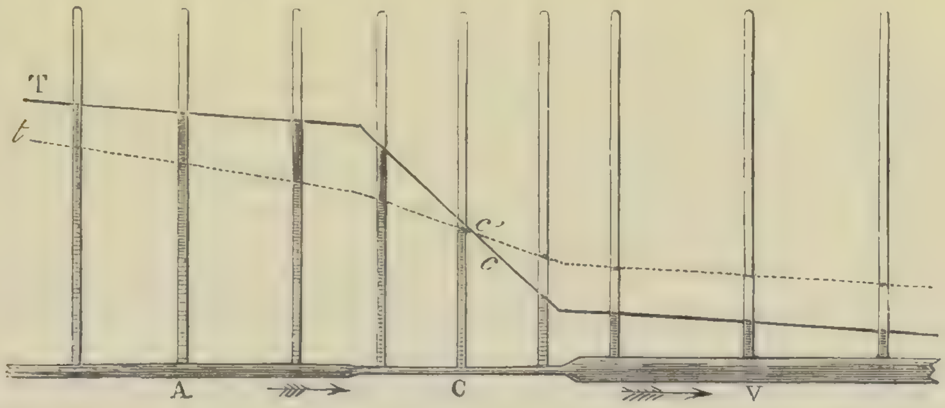


FIG. 34.

mètres situés sur la ligne T. — Les résistances font rapidement décroître la tension dans la partie capillaire C, comme l'indique l'obliquité de la ligne des niveaux en ce point. — Enfin, au niveau de la portion V du tube, la pression est très faible, précisément à cause des résistances qui se sont rencontrées dans le point C.

Remplaçons la portion C de l'appareil par un autre tube plus large, afin d'imiter les conditions du relâchement des vaisseaux capillaires, aussitôt nous verrons la pression changer dans toute la longueur des conduits, et les inégalités de cette tension tendront à disparaître. — Le système artériel A aura une pression moindre à cause des moindres résistances que le courant éprouvera au-dessous de lui. Les niveaux piézométriques se trouveront alors sur la ligne *t*. — La pression diminuera moins rapidement dans le système capillaire *c*. — Enfin, au niveau de la partie V, elle se trouvera à un niveau plus élevé que dans l'expérience précédente.

La grande capacité du système veineux produit à la fois et la faible tension

(1) MAREY (*Journal de physiologie de l'homme et des animaux*, 1859, p. 136). La figure précédente est empruntée à cet auteur.

(*) Voir ci-dessus, page 764.

et la lenteur extrême du cours du sang dans cet ordre de vaisseaux. L'anatomie fait voir que les veines sont beaucoup plus nombreuses que les artères, chaque gros tronc artériel ayant assez ordinairement deux veines satellites dont le volume excède, pour chacune, celui de l'artère correspondante. Il existe de plus un grand nombre de veines qui n'ont pas de vaisseaux artériels qui leur correspondent : il en est ainsi de toutes les veines sous-cutanées, des sinus veineux de la dure-mère, de ceux du rachis, etc. Ajoutons que les veines sont extrêmement dilatables ; et de toutes les conditions qui leur donnent une énorme capacité, on arrivera aisément à déduire que la vitesse du sang devra y être plus faible que dans les artères, puisque les veines correspondent à une partie plus large du système vasculaire.

Une grande diminution de la force qui meut le sang dans les veines exposait leur circulation à bien des causes d'arrêt : la nature a obvié à cet inconvénient de plusieurs manières : d'abord en multipliant les voies par lesquelles le sang veineux peut être ramené au cœur, et aussi en ajoutant à l'action du cœur d'autres forces accessoires qui poussent le sang ou l'attirent du côté de cet organe. Des anastomoses nombreuses existent entre les veines ; aussi, dans le cas où un des troncs est oblitéré par une compression ou quelque autre obstacle, le sang revient-il par une autre veine. Si l'oblitération d'une veine est permanente, les voies anastomotiques se dilatent peu à peu et le sang finit par se frayer, une voie nouvelle aussi facile qu'avant l'existence de cet obstacle.

Le caractère le plus saillant de la circulation veineuse, c'est la multiplicité des forces qui concourent à la produire. On peut les rapporter surtout à l'action du cœur ou *vis à tergo* : — à l'influence des valvules : — à la pesanteur : — à l'action musculaire ; — à l'aspiration thoracique.

1° Dans l'état normal de la circulation veineuse, le *vis à tergo* s'exerce sous forme d'une impulsion lente et continue ; dans les capillaires, déjà, les saccades sont éteintes par l'élasticité artérielle, à plus forte raison doivent-elles l'être dans le système veineux. Il y a pourtant des exceptions à cette règle : c'est ainsi que, dans l'expérience instituée par Cl. Bernard sur la glande sous-maxillaire, nous avons vu les veines de cette glande donner un jet saccadé, lorsque les vaisseaux capillaires, en état de relâchement, livrent un plus large passage au sang. Ce phénomène est dû à ce que la pulsation des artères n'a pas été supprimée par l'élasticité de ces vaisseaux, et c'est cette pulsation qui, conservée à travers les capillaires, se retrouve encore dans les veines. En effet, pour que l'élasticité des artères agisse et transforme le mouvement du sang, il faut qu'un obstacle résiste à la progression du liquide : c'est de cet obstacle que résultent la tension artérielle et, par suite, la transformation du mouvement saccadé en mouvement continu. Quand les capillaires sont relâchés, l'obstacle dont il s'agit n'existe plus, et comme nous l'avons vu, la tension artérielle s'abaisse : dès lors, l'élasticité des artères n'étant plus sollicitée, ne supprime plus la saccade, et celle-ci se retrouve jusque dans les veines.

La pathologie offre des exemples de phénomènes semblables. Sous le nom de *pouls veineux* (*), on décrit des pulsations que l'on constate sur les veines super-

(*) Il ne faut pas confondre ce *pouls veineux* avec le *reflux* qu'on observe quelquefois dans les veines jugulaires à chaque contraction du cœur, et qu'on a improprement désigné sous le même nom.

ficielles, à la main par exemple, et qui sont en nombre égal à celui des battements artériels sur lesquels elles retardent un peu. Les circonstances dans lesquelles ce pouls veineux se produit, montrent bien que, dans sa nature, il est identique avec celui des expériences sur la glande sous-maxillaire. Martin-Solon (1), Velpeau (2), Dubois (d'Amiens) (3) et Beau en France, firent des observations sur ces pulsations des veines, très visibles à l'œil, et quelquefois sensibles au toucher. En Angleterre, Graves et King (4) publièrent des faits du même genre. Ce dernier observateur parvint même à rendre les pulsations visibles sur les veines de sujets en pleine santé. A cet effet, il se servit d'un long fil de cire à cacheter étirée : l'une des extrémités de ce fil est fixée à la peau à l'aide d'une gouttelette de suif, et le fil repose sur la veine à la manière d'un levier du troisième genre. Chaque battement du vaisseau se traduit par un soulèvement de ce fil rigide qui, grâce à sa longueur, reproduit le mouvement à son extrémité en l'amplifiant beaucoup. On voit, dans ce procédé de l'auteur anglais, une ingénieuse application du principe qui plus tard a été mis en usage pour la construction des sphygmographes.

Les conditions dans lesquelles le pouls veineux a été observé, sont toujours celles du passage facile du sang à travers les capillaires. Les veines sont dilatées, c'est-à-dire que le sang, traversant facilement les voies qui les précèdent, leur arrive avec une assez forte tension (voy. p. 871, fig. 33).

Suivant Martin-Solon, on observe ce pouls chez les sujets qui, pour une raison quelconque, ont le sang peu plastique. On a vu, à propos de la circulation capillaire, comment cet état du sang rend son courant plus rapide, ce dont on a la preuve dans l'existence de tous les signes de la faible tension artérielle. Enfin, dans les expériences de King, on pouvait développer le pouls veineux sur un sujet sain en excitant sa circulation, par exemple, sous l'influence du repas. Or, dans ces conditions de rapidité plus grande du mouvement du sang, c'est encore la dilatation des vaisseaux capillaires qui intervient.

Il arrive quelquefois que, dans une saignée, le jet de la veine présente des saccades en nombre égal aux battements du pouls, et que le sang qui s'échappe par l'ouverture veineuse offre la rutilance du sang artériel. Dans ces circonstances, l'opérateur croit quelquefois avoir piqué une artère. Cependant il n'en est rien : les pulsations qu'on observe alors, et qui se passent bien réellement dans les veines, sont, de même que la rutilance du sang, une conséquence naturelle du passage trop facile à travers les capillaires. C'est à tort que divers auteurs ont pensé que la pulsation veineuse est due à la compression exercée sur les veines par l'expansion des artères placées à côté d'elles, et que cette pulsation se transmettrait de là aux veines plus éloignées. Cette explication ne saurait évidemment rendre compte de la rutilance du sang que projette la veine, rutilance qui, au contraire, s'explique très bien par le passage plus large que livrent au sang les petits vaisseaux. Enfin le doute n'est plus possible si l'on considère que les saccades de la veine retardent sur le pouls artériel, de telle sorte que, suivant P. Bérard (5), la saccade veineuse alternerait avec le pouls des artères. Ce retard est dû, comme

(1) *Sur le pouls veineux*, note lue à l'Acad. de médecine (*Gazette médicale de Paris*, 1844, p. 661).

(2) Séance de l'Acad. de méd. du 8 octobre 1844 (*Même rec.*, p. 662).

(3) *Ibid.*

(4) *An Essay on the Safety-Valve Function of the right Ventricle of the human Heart* (Guy's *Hospital Reports*, 1837, t. II, p. 107 et suiv.).

(5) *Cours de physiologie*, t. IV, p. 14.

celui du pouls dans les artères plus ou moins éloignées du cœur, à l'influence de l'élasticité des vaisseaux que le sang a traversés.

Les variations que les battements du cœur produisent dans la tension artérielle ne sont pas les seules qui retentissent jusque sur les mouvements du sang veineux. Les influences respiratoires élèvent et abaissent la tension dans les artères extra-thoraciques; cet effet a été expliqué précédemment (p. 854). Une expérience de Magendie (1) tend à démontrer que ces influences se font sentir dans la circulation veineuse en rendant le *vis à tergo* plus ou moins énergique, comme la tension artérielle elle-même. Si on lie les jugulaires d'un chien, et qu'on pratique au-dessus de la ligature une ouverture dans l'une de ces veines qui sont alors gonflées par le sang, on voit que le jet fourni par la veine triple ou quadruple de longueur dans les grands efforts d'expiration. Assurément, dans l'expérience précédente, l'augmentation de la tension artérielle a dû contribuer à l'accroissement du jet de sang veineux, mais les conditions des phénomènes étaient complexes. Ainsi toutes les veines n'avaient pas été liées, et le reflux veineux qui accompagne les effets d'expiration peut avoir retenti à travers les anastomoses jusque dans les jugulaires au-dessus de la ligature. En outre, dans tout effort violent, les muscles entrent en contraction synergique, et la contraction des muscles du cou a dû intervenir aussi pour augmenter la force du jet de sang veineux en vertu d'un mécanisme que nous aurons à examiner bientôt.

2° La plus importante des actions annexées à la force du cœur pour pousser le sang dans les veines, est celle qui résulte du *jeu des valvules veineuses.* Grâce à ces petites soupapes qui ne permettent au sang de cheminer que dans une direction, celle qui le ramène au cœur, la circulation veineuse tire parti d'une foule de circonstances qui, sans les valvules, seraient inefficaces pour la propulsion du sang. De même que, en l'absence des valvules du cœur, les contractions si énergiques des ventricules seraient perdues pour l'impulsion du sang dans les artères, de même aussi toutes les forces extérieures qui, pressant sur une veine, tendent à la vider du sang qu'elle contient, pousseraient indistinctement ce sang du côté des capillaires et du côté du cœur. Avec les valvules, au contraire, la contraction des veines, les pressions exercées sur elles par tous les contacts extérieurs, les contractions des muscles du voisinage, tout devient force impulsive; car toutes ces causes de déplacement de la colonne sanguine ne peuvent agir, dès lors, que dans la direction centripète.

Découvertes dans quelques veines par Cannani (2), en 1547, entrevues, avant lui, par Ch. Estienne (3), les valvules veineuses ne furent connues pendant longtemps qu'au point de vue de leur anatomie. Piccolomini (4), et plus tard Fabrice d'Acquapendente (5), les décrivirent avec soin; mais G. Harvey seul eut le mérite de comprendre leur mécanisme et de conclure de leur existence à la direction du sang dans le système veineux. On sait, en effet, que toutes les valvules des veines sont disposées de telle sorte qu'elles s'écartent pour laisser passer le sang qui,

(1) *De l'influence des mouvements de la poitrine et des efforts sur la circulation du sang* (*Journal de physiol. expérim.*, 1821, t. I, p. 137).

(2) Lettre à Amatus Lusitanus, *Curationum medic. cent. prima*, in 8, p. 258. Florence, 1551.

(3) *De dissectione partium corporis humani libri III*, p. 183, 357. Paris, 1545.

(4) *Anatomicæ prælectiones*, p. 412. Romæ, 1586.

(5) *De venarum ostiolis*, p. 1 (*Opera omnia anat. et physiol.*, édit. 1738, p. 150, pl. 1 à 8).

des capillaires, revient vers le cœur; elles se rapprochent, au contraire, et se ferment en s'adossant toutes les fois que le sang tend à rétrograder. La forme des valvules veineuses est à peu près celle des valvules sigmoïdes de l'aorte ou de l'artère pulmonaire; seulement il est rare qu'on en rencontre qui présentent trois culs-de-sac adossés comme dans ces artères, le plus souvent il n'y en a que deux, même dans les gros troncs veineux, et un seul dans les plus petits. Toutes les veines ne possèdent pas des valvules: celles-ci manquent, suivant Haller (1), dans les vaisseaux qui ont moins d'une ligne de diamètre. Mais l'anatomie moderne a reculé ces limites: Sappey (2) a trouvé des valvules dans les veines ciliaires antérieures, et dans celles des muscles de l'œil. Dans certains points de l'économie, de gros vaisseaux veineux sont normalement dépourvus de valvules: tels sont, tout le système de la veine porte, les veines pulmonaires, les veines caves supérieure et inférieure, etc.

En résumé, les valvules existent principalement dans les veines qui sont en rapport avec le système musculaire; elles sont plus abondantes dans les veines profondes des membres que dans les veines sous-cutanées. On peut néanmoins constater la présence de valvules dans ces derniers vaisseaux, à l'aide d'une expérience facile à faire sur soi-même. Lorsque les veines du dos de la main, par exemple, sont gonflées par le sang, si l'on passe le doigt sur elles de manière à pousser le sang du côté du cœur, on voit, après qu'elles ont été vidées par cette pression, le sang qui revient des capillaires les remplir de nouveau; tandis que, si l'on pousse le sang dans la direction des capillaires, on voit au contraire les veines se distendre au-dessous de l'obstacle et rester vides au-dessus, ce qui montre bien que le courant rétrograde ne peut s'opérer. Enfin, dans certains cas, on reconnaît le lieu précis où existe une valvule à ce que la veine dans laquelle on refoule le sang en sens inverse de son courant normal ne se gonfle que jusqu'à un certain endroit où un obstacle s'oppose au reflux: cet obstacle, c'est la valvule.

C'est presque toujours à des sources étrangères à l'appareil circulatoire que le sang veineux emprunte l'impulsion que les valvules dirigent. Ainsi les frictions ou le massage des membres favorisent le retour du sang par les veines, ce dont on peut s'assurer dans l'opération de la saignée. La même chose arrive quand un muscle, traversé par une veine, entre en contraction: aussi a-t-on utilisé cette circonstance dans la saignée pour accélérer l'écoulement du sang par la veine ouverte, et a-t-on l'habitude de faire faire au patient des mouvements des doigts. L'impulsion nouvelle que la contraction des muscles imprime au sang veineux a pour effet d'accélérer le courant circulatoire dans tous les vaisseaux qui les traversent, et cette circulation augmentée est elle-même une condition nécessaire à la fonction des muscles, de telle sorte que l'activité musculaire et l'activité circulatoire se prêtent un mutuel secours.

Les parois des veines, comme celles des artères et des capillaires, sont douées de *contractilité*. Lorsqu'une veine revient sur elle-même, les valvules dirigent le sang expulsé du côté du cœur, de telle sorte que la veine pousse le sang à la manière d'un cœur véritable; mais cette contraction des veines ne se fait qu'à de rares intervalles, elle se produit lentement à la manière de la contraction des artères, et comme elle, survient en général sous l'influence d'un stimulus. Il faudrait répéter

(1) *Elementa physiologiæ*, t. I, p. 145.
(2) *Traité d'anat. descript.*, t. II, p. 671.

tout ce que nous avons dit à propos des artères, pour indiquer l'action qu'exercent sur la contractilité des veines les différents stimulants : le traumatisme, le chaud et le froid, l'électricité, etc.

Dans quelques espèces animales, on observe sur certaines veines une contraction rhythmique : ainsi, sur l'oreille du lapin, on voit un élargissement et un resserrement alternatifs de tous les vaisseaux (Schiff). Mais c'est surtout dans le voisinage du cœur que la contractilité rhythmique des veines se retrouve chez la plupart des animaux. Il semble que la structure et les propriétés des vaisseaux se modifient graduellement comme pour préparer, par une transition moins brusque, le passage de ces veines à l'oreillette et au ventricule.

Il y a deux siècles que Walæus (1) reconnut, sur le chien, des pulsations rhythmiques des veines caves dans le voisinage du cœur, et qu'il annonça que ce n'était pas des battements communiqués par les contractions cardiaques. Depuis lors, Nic. Stenon (2) les observa sur d'autres animaux (le lapin, le cheval, le corbeau). Sur les veines pulmonaires d'un chat, qu'il avait excisées, Allison (3) vit des battements rhythmiques pendant plusieurs heures. Il dit avoir observé le même fait sur d'autres mammifères et sur des oiseaux. A mesure qu'on étudie des animaux plus inférieurs, on trouve la contractilité plus répandue dans le système veineux. Chez les reptiles et les batraciens, les veines ont un rôle très actif dans la circulation. Haller (4) a entrevu les contractions de la veine cave chez la grenouille. Spallanzani (5) signala aussi des battements dans ces veines, et vit qu'ils continuaient lorsque le cœur avait été séparé de ces vaisseaux. C'est surtout Flourens (6) qui démontra l'activité du système veineux chez les vertébrés inférieurs; mais, malgré les expériences qui viennent d'être rapportées, il se crut autorisé à rejeter l'existence de contractions rhythmiques dans les veines caves chez les animaux plus élevés.

3° La *pesanteur* agit sur le cours du sang veineux : on peut facilement s'en convaincre en plaçant alternativement un bras dans la position déclive et dans l'élévation. Dans le premier cas, les vaisseaux gonflés annoncent la stagnation du sang; dans le second, les veines se vident presque immédiatement, par suite de l'écoulement facile du sang du côté du cœur où la pesanteur l'entraîne. Nul doute que dans des mouvements alternatifs d'un membre qui rendent la pesanteur tantôt favorable, tantôt contraire au retour du sang veineux, les valvules n'aient une action efficace à la propulsion, en permettant tous les mouvements centripètes, et en s'opposant au reflux. Mais dans l'état d'immobilité d'une partie déclive, peuvent-elles, comme on l'a dit, contre-balancer l'action de la pesanteur ? — Qu'on se figure tout le système veineux inférieur rempli et distendu par le sang, depuis l'embouchure de la veine cave inférieure jusqu'aux dernières radicules veineuses des pieds : si la moindre quantité du sang passe à travers les capillaires pour pénétrer encore dans ces vaisseaux veineux, ce ne sera qu'en soulevant toute la colonne sanguine qu'ils renferment, et sous l'influence de ce mouvement, les valvules s'ouvriront ; elles n'empêcheront donc plus chaque tronçon de la colonne sanguine de peser sur le

(1) *Epistola ad* Gasp. Bartholinum *de motu chyli et sanguinis*, 1660 (*Opera medica omnia*, p. 254).
(2) *Acta medica Hafniensia*, 1673, t. II. obs. 46, n^os^ 7-12, p. 143.
(3) *American Journ. of Medical Sciences*, 1838, n° 45, t. XXIII, p. 318.
(4) *Mémoire sur le mouvement du sang*, p. 310.
(5) *Expér. sur la circulation*, p. 199 et 364.
(6) *Ann. des sciences nat.*, 1833, t. XXVIII, p. 65.

tronçon sous-jacent. En définitive, dans cette circonstance, la pression produite par la pesanteur sera la même que si les valvules n'existaient pas. P. Bérard (1) a bien signalé cette difficulté de la théorie des valvules : « Après vingt-quatre ans de méditation sur ce sujet, dit-il, je ne suis pas parvenu à me faire une idée nette de ce que croit comprendre si bien un élève de première année. » C'est qu'il est absolument impossible que les valvules toutes seules déploient une puissance quelconque pour faire progresser le sang et pour lutter contre la pesanteur. En vain a-t-on voulu leur attribuer une structure musculaire et une force propre ; en réalité, elles ne sont que des soupapes inertes, et n'agissent qu'à la condition qu'une force étrangère vienne pousser le sang auquel elles ne font qu imprimer une direction. Alors seulement l'ascension du sang peut avoir lieu dans le système veineux des membres inférieurs, sans que les vaisseaux les plus déclives supportent la charge de la colonne sanguine tout entière.

4° C'est à l'*action musculaire* que la force motrice qui ramène le sang veineux est surtout empruntée. Les tronçons veineux, n'étant pas remplis par le sang jusqu'à leur distension complète, forment, les uns au-dessus des autres, des étages distincts dans lesquels le sang s'accumule au point le plus déclive, c'est-à-dire immédiatement au-dessus de la valvule qui les clôt par en bas; qu'à ce moment un des tronçons soit pressé par la contraction d'un muscle voisin, il se vide par la seule voie possible, c'est-à-dire par en haut, et ne rencontre d'autre résistance que celle de la petite colonne qui occupe seulement les parties déclives du tronçon supérieur. Dès que le muscle est relâché, le tronçon veineux qui s'est vidé offre une voie facile à l'arrivée du nouveau sang, si quelque contraction musculaire vient comprimer à son tour la partie du vaisseau située au-dessous de lui.

La pathologie confirme cette manière de comprendre le jeu des valvules : on sait que les professions qui exigent qu'on se tienne debout pendant longtemps sans marcher, comme celles d'imprimeur, de blanchisseuse, etc., produisent presque constamment les varices des jambes ; tandis que les professions qui obligent à marcher pendant un temps souvent beaucoup plus long que ne dure la station dans les cas précédents, n'occasionnent pas le même accident. Cela tient à ce que, dans le premier cas, en l'absence de contractions musculaires, rien n'est intervenu pour empêcher la colonne de sang veineux de peser sur les vaisseaux des pieds et des jambes; et, sous l'influence de cette pression continuelle, ces vaisseaux se sont laissés dilater.

Cette subordination presque absolue des valvules à l'action des muscles explique assez bien leur répartition dans les différents points du système veineux. Elles manquent, en effet, dans les veines qui traversent les grandes cavités dans lesquelles la pression est constante ou varie partout de la même manière, de telle sorte que cette pression augmentant ou diminuant à la fois sur tous les points du vaisseau veineux, ses effets se contre-balancent. Les valvules sont, au contraire, extrêmement abondantes dans les veines qui traversent ou longent les grandes masses musculaires. Si on les rencontre aussi dans les veines sous-cutanées, c'est que le gonflement des muscles en contraction comprime ces veines entre l'aponévrose et la peau, et qu'enfin les veines superficielles, communiquant par des anastomoses avec les vaisseaux plus profonds qui traversent les muscles, reçoivent à chaque instant des afflux intermittents qu'il fallait diriger vers le cœur.

(1) *Cours de physiologie*, t. IV, p. 47.

Celles des forces que nous venons d'énumérer, et qui déjà concourent à pousser vers le cœur le sang contenu dans les veines, donnent à ce fluide une *tension* comme l'impulsion cardiaque en donne une au sang artériel. Ces deux tensions diffèrent néanmoins beaucoup l'une de l'autre. Ainsi, celle des artères est, en général, forte et répartie d'une manière assez uniforme dans tout le système des vaisseaux à sang rouge, pourvu que l'on compare des vaisseaux d'un volume sensiblement égal. Au contraire, la tension veineuse, en général très faible, varie d'un vaisseau à l'autre d'une manière notable, et même pour une veine donnée, peut présenter, d'un moment à l'autre, de très grandes variations, suivant que les forces accessoires qui servent à la propulsion du sang veineux agissent ou non. Une cause importante des différences de ces deux tensions est l'inégale élasticité des artères et des veines. Tandis que les premières résistent à l'abord du liquide sanguin qui les distend, les veines cèdent presque indéfiniment à l'afflux de ce liquide, et se prêtent avec la plus grande facilité à un contenu plus abondant que de coutume, sans que leur tension en soit bien sensiblement augmentée. Aussi a-t-on attribué aux veines non-seulement la mission de transporter le sang de la périphérie au cœur, mais encore celle de le loger à leur intérieur toutes les fois, par exemple, que l'absorption d'une grande quantité de liquide vient augmenter la masse sanguine. Outre cette influence de la facile dilatabilité des vaisseaux veineux et de la capacité considérable de leur ensemble, la principale cause de leur faible tension, c'est que le sang qui les parcourt n'éprouve pas devant lui de résistance importante : en effet, on ne trouve pas, sur le trajet des veines, un obstacle analogue à celui que les capillaires présentent au-devant du sang artériel.

Malgré les grandes variations qu'offre la tension veineuse, plusieurs auteurs ont essayé d'en donner une mesure manométrique. Il ressort de ces évaluations que la pression du sang veineux est beaucoup au-dessous de celle du sang artériel dans la majorité des cas. Ainsi, Volkmann, comparant la pression de l'artère carotide à celle de la jugulaire, trouva, pour l'artère, une moyenne de 165^{mm},55 ; la veine n'avait que 27^{mm},5. Cette dernière pression, à son tour, était encore bien supérieure à celle de la veine métatarsienne ; celle-ci, en effet, n'était que de 9 millimètres. Dans toutes les évaluations de la pression veineuse que les auteurs ont consignées dans leurs recherches, on trouve des écarts considérables ; aussi ne nous attacherons-nous pas à reproduire ces chiffres, mais seulement à signaler les causes qui font varier la tension veineuse en plus ou en moins.

La cause principale de la faiblesse de la tension veineuse étant l'écoulement facile du sang qui revient au cœur, il s'ensuit que toutes les fois qu'un obstacle vient entraver son retour, le sang s'accumule au-dessous de cet obstacle, et prend alors une tension notable. Ainsi, dans l'opération de la saignée, la ligature posée sur le membre produit au-dessous d'elle une tension très élevée qui s'accuse, au moment de la piqûre du vaisseau, par un jet presque aussi fort que serait celui d'une artère. En effet, au moment où l'on a ouvert la veine, il y avait à peu près égalité entre la tension des artères et celle des veines, la stase produite par la ligature avait supprimé les résistances des capillaires en supprimant peu à peu le mouvement à leur intérieur ; il s'était établi ainsi un équilibre entre ces deux tensions. Dans le cas où une seule branche veineuse est oblitérée, l'augmentation de la tension dans cette branche est très faible, si les anastomoses permettent au cours du sang de se faire par d'autres voies. Enfin, suivant le nombre

des branches oblitérées, on voit la tension s'élever de plus en plus, en raison des difficultés du retour du sang.

Dans tous ces cas, le maximum que la tension veineuse puisse atteindre est évidemment d'égaler la tension artérielle. Il n'en est pas de même dans ceux où la contraction des muscles qui avoisinent les veines pousse le liquide dans le sens des valvules avec une force qui se traduit aussi sous forme de tension. On voit cet effet dans la saignée du bras toutes les fois que le patient contracte ses muscles ; le jet de sang s'élance alors avec une force plus grande, expression de sa tension augmentée. Magendie (1), Mogk (2), Cl. Bernard (3), etc., ont étudié, à l'aide du manomètre, ces changements de la tension veineuse sous l'influence de la contraction musculaire. Ce dernier physiologiste, appliquant l'instrument à la veine jugulaire d'un cheval, vit que, suivant que l'animal était au repos ou qu'il faisait un effort pour relever la tête, la tension veineuse variait de 35 à 130 millimètres.

Ces élévations de la tension veineuse, sous l'influence de la contraction des muscles, n'ont pour limite que celle de la force musculaire, et la résistance que les veines peuvent déployer sans se rompre. Or, malgré leur minceur et leur grande dilatabilité, les veines ont une résistance considérable, et peuvent supporter des pressions qui déchireraient les artères, plus épaisses, mais plus friables.

Enfin, les variations de la masse totale du sang amènent encore des changements dans la tension veineuse. Celle-ci devient plus faible à la suite d'une saignée abondante. Les veines se gonflent, au contraire, et acquièrent une tension très forte, si, par suite de l'ingestion de boissons copieuses, une plus grande quantité de liquide pénètre dans le torrent circulatoire : c'est, comme on l'a vu, le système veineux presque tout entier qui, grâce à son extensibilité, loge ces liquides en excès.

5° Toutes les causes du mouvement du sang veineux, qui précédemment ont été passées en revue, s'ajoutent les unes aux autres et concourent à pousser ce liquide dans la direction du cœur. Il en existe encore une autre non moins importante à étudier, c'est l'*aspiration thoracique*. Chaque fois que la poitrine se dilate et fait à son intérieur un vide dans lequel l'air se précipite, le sang veineux, situé dans le voisinage de cette cavité se précipite également dans les veines intra-thoraciques. Valsalva (4) a été le premier, au dire de Morgagni, à remarquer cette influence de la respiration sur le cours du sang veineux. Haller l'a signalée à son tour. Mais la première démonstration de ce fait est due à Barry (5), qui en a donné une interprétation satisfaisante : avant lui, en effet, ce n'était pas à la pression atmosphérique qu'on attribuait cette entrée brusque du sang veineux dans la poitrine ; on supposait seulement que l'inspiration facilitant la circulation pulmonaire, l'accélération se transmettait de proche en proche jusqu'aux veines jugulaires. Barry démontra l'existence de l'aspiration thoracique en introduisant par la veine jugulaire d'un cheval un tube de verre qu'il enfonça du côté de la poitrine ; l'autre extrémité du tube plongeant dans un vase rempli d'une solution colorée, à chaque inspiration, le liquide montait du vase dans le tube, et, pendant l'expiration, il ne refluait que d'une manière incomplète, de telle sorte que le vase fut vidé au

(1) *Leçons sur les phénomènes physiques de la vie*, 1837, t. III, p. 154 et suiv.
(2) *Zeitschr. für rationelle Medizin*, 1845, t. III.
(3) *Leçons sur la physiologie et la pathologie du système nerveux*, t. I, p. 285.
(4) Voy. MORGAGNI, lettre XIX.
(5) *Recherches sur les causes du mouvement du sang dans les veines*. Paris, 1825.

bout de quelque temps. Cette expérience réfute d'elle-même une objection faite à la théorie de Barry. Si, disait-on, l'inspiration produit un appel du sang dans la poitrine, l'expiration doit produire un reflux qui compense entièrement l'action favorable de cet appel. Il est évident, d'après ce qui précède, que l'aspiration du liquide a prédominé sur le reflux, puisque, en définitive, le vase s'est vidé dans la poitrine.

Poiseuille (1) chercha à déterminer l'intensité des actions que produisent les mouvements respiratoires. Pour rendre plus sensibles les indications du manomètre, il substitua au mercure de son instrument une solution de sous-carbonate de soude, et obtint par ce moyen des oscillations plus étendues. En plaçant l'instrument dans la veine jugulaire à un centimètre de la poitrine, il observa, pendant l'inspiration, un abaissement de 90 millimètres dans la colonne manométrique; l'expiration produisait une élévation de même étendue. Dans les mouvements respiratoires plus profonds, il y eut des oscillations qui atteignirent une amplitude de 200 à 250 millimètres. Cet expérimentateur remarqua encore que, dans ces cas, l'inspiration faisait descendre le niveau du manomètre plus que l'expiration ne le faisait monter; d'où l'on peut conclure que l'action de la respiration est en définitive favorable à l'aspiration du sang. Il importe d'ajouter que, si pour certaines veines il existe ainsi un flux et reflux dans lesquels les deux effets contraires se compensent en partie, certaines autres veines n'éprouvent que l'action aspiratrice, le reflux étant entièrement empêché par les valvules. A l'entrée de la veine jugulaire interne, au moment où ce vaisseau débouche dans le tronc innominé, il y a une valvule, bien décrite par Fabrizio d'Acquapendente, qui s'oppose au reflux dans cette veine lors de l'expiration.

A la partie inférieure de la poitrine, l'aspiration doit nécessairement exister aussi. La veine cave inférieure, adhérant au pourtour de l'orifice diaphragmatique, est donc à chaque effort d'inspiration le siége d'un appel de sang analogue à celui qu'on vient de voir dans les jugulaires.

Jusqu'où s'étend l'aspiration du thorax sur le sang veineux? — Barry avait trop généralisé l'influence qu'il avait découverte : il pensait que tout le système veineux éprouve directement les effets de l'aspiration thoracique. P. Bérard fit observer, avec raison, que la souplesse des parois veineuses ne leur permet pas de transmettre cet appel du sang à de grandes distances. On sait, en effet, qu'il est impossible d'aspirer un liquide au moyen d'un tube membraneux : celui-ci s'affaisse sous la pression atmosphérique, et ses parois, s'accolant l'une à l'autre, obturent complétement l'ouverture du conduit. Ce phénomène n'avait pas échappé aux premiers observateurs qui signalèrent les influences de la respiration sur le cours du sang veineux. Haller (2) avait vu, à chaque inspiration, les veines superficielles du cou s'aplatir en se vidant. Dans les expériences manométriques des physiologistes modernes, l'instrument ne présentait des oscillations d'une grande amplitude que si on l'adaptait à des veines très rapprochées de la poitrine : sur la jugulaire, il cessait d'osciller lorsque son application était faite à $0^{m},14$ de la poitrine, et les veines des membres ne donnaient aucune trace d'aspiration.

Il est pourtant certaines dispositions du système veineux qui reculent un peu

(1) *Journal universel et hebdomadaire de médecine et de chirurgie*, t. I, p. 289, et t. III, p. 97, 1831.
(2) *Elementa physiologiæ*, t. II, p. 333.

les limites de la zone d'aspiration du thorax : à défaut d'une rigidité suffisante pour résister à la pression atmosphérique, les veines offrent, en certains points, des adhérences aux tissus environnants, adhérences par suite desquelles leurs parois restent toujours écartées l'une de l'autre. P. Bérard (1) a insisté sur ce fait d'anatomie dont l'importance est très grande. Au cou, dit-il, les veines jugulaires externe et interne dans leur partie inférieure, de même que les troncs innominés et les veines sous-clavières, adhèrent aux aponévroses qui cloisonnent cette région. Les aponévroses elles-mêmes ont des insertions solides sur le sternum, les clavicules, les premières côtes; et de plus leurs insertions mobiles, celles qui se font aux muscles, sont plus fortement tendues pendant les efforts d'inspiration. Grâce à cette disposition, les veines dont nous venons de parler restent béantes lorsqu'on les coupe en travers ; tandis que, dans les autres points du corps, une veine ainsi divisée est aplatie et présente un adossement complet de ses parois. La même béance s'observe aussi lorsqu'on coupe en travers les veines sus-hépatiques; elle est due à l'adhérence des parois de ces veines au tissu du foie. La veine cave inférieure, au point où elle reçoit les veines sus-hépatiques, adhère fortement elle-même à l'ouverture du diaphragme ; de sorte que tout l'appareil veineux qui ramène le sang de la veine porte peut être soumis à l'aspiration du thorax, ce qui facilite singulièrement le cours du sang de cette veine, pour laquelle, comme nous le dirons tout à l'heure, la force d'impulsion est peu considérable.

L'influence des mouvements respiratoires sur la circulation veineuse est d'autant plus marquée que le passage de l'air dans les voies pulmonaires s'effectue avec moins de facilité. Barry avait signalé cet effet : en adaptant un manomètre à la trachée d'un animal, il avait vu que, dans l'inspiration, le vide thoracique se faisait sentir avec plus d'énergie. Poiseuille confirma cette remarque, qui d'ailleurs s'explique aisément et est analogue à ce que nous avons déjà vu des effets de la respiration sur la tension artérielle. Ces effets, insensibles à l'artère radiale dans la respiration normale, s'y perçoivent avec facilité quand, la glotte étant fermée, on fait des efforts de respiration; car, dans ces conditions, la raréfaction et la compression de l'air dans le thorax sont beaucoup plus complètes que dans les respirations normales.

Lorsqu'une des veines voisines du thorax est ouverte dans une opération, l'air est aspiré et pénètre dans l'oreillette droite, puis dans le ventricule correspondant qui le chasse dans le poumon. La présence de bulles d'air nombreuses, mélangées au sang dans les vaisseaux pulmonaires, produit, en vertu de la capillarité, des résistances insurmontables, par suite desquelles la circulation pulmonaire s'arrête ; de là résulte la mort par asphyxie. Ce mécanisme a été bien étudié surtout par Mercier (2), puis par Poiseuille (3) ; il s'accorde parfaitement avec ce que la physique enseigne relativement aux résistances que la présence de bulles d'air produit dans les tubes de petit calibre. Cet accident n'est à redouter que pour les veines situées dans les limites où s'exerce l'aspiration de la poitrine. Les chirurgiens ont enregistré de nombreux cas de mort par suite de l'introduction de l'air dans les veines, survenue dans les opérations pratiquées au voisinage du thorax.

(1) *Cours de physiologie*, t. IV, p. 62.
(2) *Observations sur l'introduction de l'air dans les veines et sur la manière dont elle produit la mort* (*Gaz. méd. de Paris*, 1837, p. 481).
(3) *Gaz. méd. de Paris*, 1837, p. 671.

Le relevé de ces observations permet de déterminer les points auxquels, chez l'homme, cette aspiration peut s'observer. C'est ce qu'on a décrit, en chirurgie, sous le nom de *zone dangereuse*. Dans ces points, en effet, toute opération peut devenir mortelle instantanément. Les adhérences, que nous avons signalées entre les parois veineuses et les tissus environnants, expliquent la production de ce phénomène dans des points assez distants du thorax chez l'homme. Ainsi l'aspiration s'exerce parfois jusqu'à la veine faciale, au point où elle contourne le bord de la mâchoire inférieure. Sur les parties latérales du tronc, elle se propage jusqu'à la veine axillaire; à plus forte raison doit-on craindre un pareil danger dans les points situés en dedans de ces limites extrêmes.

Au moment où la veine est divisée, on entend un bruit particulier, que presque tous les observateurs ont signalé, et qui ressemble à celui que produit l'entrée de l'air dans la plèvre, à la suite d'une plaie pénétrante de poitrine. Si l'on ausculte le cœur, on peut, dans certains cas, entendre un gargouillement qui indique à son intérieur la présence de gaz mélangés avec le sang. Enfin la mort arrive, chez l'homme, à la suite d'un état syncopal. Les animaux, sur lesquels on a déterminé artificiellement cette introduction de l'air dans les veines à l'aide d'un mécanisme analogue, ont offert, aux approches de la mort, un état convulsif moins souvent observé dans l'espèce humaine.

Certaines observations cliniques ont pu faire croire que l'aspiration de l'air par les veines s'étendrait encore à des vaisseaux beaucoup plus éloignés de la poitrine que ne le sont les précédents. On a trouvé de l'air dans les veines de l'utérus après l'accouchement : dans une observation de Legallois (1), il est dit que cet air avait parcouru la veine cave inférieure, et distendait les cavités droites du cœur. L'examen attentif de ces faits porte à croire que, dans ces cas, l'air n'avait pas été aspiré, mais refoulé dans les veines, tantôt à la suite d'une injection faite dans la cavité utérine au moyen d'une seringue mal purgée d'air, tantôt par le fait même de la contraction de l'utérus : cet organe aurait admis de l'air à son intérieur, et son col, s'étant refermé, n'en aurait plus permis l'expulsion au dehors, tandis qu'une contraction utérine aurait alors chassé ce fluide dans les veines.

On a attribué aux mouvements alternatifs de systole et de diastole de l'oreillette droite une action analogue à celle de la poitrine, c'est-à-dire qu'au moment de la systole auriculaire, le sang serait refoulé dans le système veineux, tandis qu'à chaque diastole il serait aspiré du côté du cœur.

Le reflux qui se produit dans la jugulaire à chaque systole, dans certains cas pathologiques, est un fait bien constaté. C'est à tort qu'on l'a décrit sous le nom de *pouls veineux;* non pas que cette dénomination soit fausse par elle-même, mais parce qu'elle peut faire établir une confusion fâcheuse entre ce reflux du sang dans les veines du cou et les pulsations qu'on observe parfois sur les veines des extrémités : nous avons déjà vu que ces pulsations sont produites par la propagation du pouls artériel, et qu'elles sont dues, comme ce dernier, à l'impulsion ventriculaire. Le reflux veineux, tel qu'on l'observe sur les malades, est formé par une série d'ondulations du sang dans les jugulaires. Ces mouvements, très visibles, mais peu appréciables au toucher, tiennent à diverses causes. Les uns, rares et amples, sont dus à l'action respiratoire; les autres, plus fréquents et

(1) *Journal hebdomadaire de médecine*, 1829, t. III, p. 183.

plus brefs, dépendent des contractions du cœur. On pourrait les comparer, avec justesse, aux courbes de différente nature que trace le *kymographion* de Ludwig, appliqué sur une artère (*). Là aussi les mouvements étendus et prolongés tiennent aux influences respiratoires; les autres, plus petits, sont dus aux contractions du cœur. Haller, Morgagni (1), Bertin (2), avaient déjà reconnu cette double influence qui produit le phénomène du pouls veineux au cou. Les petits battements veineux qu'on observe dans cette région sont synchrones avec les pulsations artérielles. Cette coïncidence les a fait attribuer à la contraction du ventricule plutôt qu'à celle de l'oreillette. Aussi la plupart des cliniciens les ont-ils considérés comme l'expression d'une *insuffisance auriculo-ventriculaire droite*. Mais, lorsqu'on fait attention à la brièveté extrême de l'intervalle qui sépare la contraction de l'oreillette de celle du ventricule, on conçoit qu'il est difficile de distinguer ce qui appartient à l'une ou à l'autre de ces cavités, et l'on peut se ranger à l'opinion de Beau (3), qui attribue le reflux des jugulaires à la seule contraction des oreillettes. Cette opinion est d'autant plus acceptable, qu'elle semble mieux que toute autre s'accorder avec les faits cliniques.

Quant à l'aspiration que produirait la diastole de l'oreillette droite, on pourrait la comprendre en vertu d'un retour de l'oreillette à des dimensions plus grandes lorsque la contraction a cessé. Pour cela, il faudrait une certaine rigidité des parois auriculaires qui, par leur élasticité, reprendraient leur forme, comme cela se passe pour le ventricule. La minceur de l'oreillette et sa flaccidité excluent à peu près cette supposition, et de plus, les expériences instituées pour démontrer cette aspiration du sang veineux par la diastole auriculaire montrent qu'elle est à peu près nulle. Si l'on ouvre la poitrine d'un animal afin de le mettre à l'abri de l'aspiration thoracique, et qu'on applique un manomètre aux veines du cou, on ne trouve plus les grandes oscillations de la colonne liquide; il ne reste plus que des excursions d'un centimètre environ d'étendue, dans lesquelles on ne saurait voir autre chose que l'effet des reflux intermittents du sang chassé par l'oreillette à chacune de ses contractions, mais qui ne prouvent nullement l'existence d'une aspiration que la structure de cette cavité tend à faire rejeter.

Dans son ensemble, la *vitesse du sang veineux* est très faible; mais les influences locales qui poussent le sang ou l'attirent du côté de la poitrine peuvent, en certains points et à certains moments, imprimer au courant centripète une assez grande rapidité. Dès que la vitesse du sang est suffisante, le courant s'accompagne de la production d'*un bruit de souffle* analogue à celui des artères, avec cette différence qu'il est plus continu. Ce bruit a pour condition d'existence le changement brusque de la tension veineuse. Ainsi, à la base du cou, on l'entend souvent avec une intensité très grande au moment de l'inspiration, c'est-à-dire au moment où, d'une part, l'appel du sang dans la poitrine, et de l'autre l'impulsion *à tergo*, produisent un courant rapide à la base des jugulaires. On le développe aussi sur les jugulaires par la pression du stéthoscope, comme cela se produit pour les bruits artériels; mais, en général, la pression doit être beaucoup plus faible pour les vaisseaux veineux.

(*) Voy. page 825, fig. 19.

(1) *De sedibus et causis morborum*, epist. XIX, n° 34.
(2) *Mém. de l'Acad. des sciences de Paris*, 1763, p. 260.
(3) *Traité expérimental et clinique d'auscultation*, p. 319.

Tandis que la circulation artérielle se retrouve dans toute l'économie avec les mêmes conditions, et que partout, dans le système des vaisseaux à courant centrifuge, on voit le sang poussé par le cœur lutter contre l'étroitesse des capillaires, la circulation veineuse nous offre, au contraire, la plus grande variété dans la répartition des forces impulsives et des résistances. On a vu déjà que certaines veines sont douées, plus que d'autres, de ces impulsions accessoires qui résultent de la contraction musculaire combinée avec le jeu des valvules (cette force manque entièrement dans les points du système veineux qui sont situés dans les grandes cavités du corps). Les résistances ne sont pas plus également réparties : tantôt, en effet, le sang qui retourne au cœur doit surmonter un obstacle plus ou moins grand, tantôt son retour est facilité par une force d'appel.

Il est certaines veines dans lesquelles le cours du sang est soumis à des conditions encore plus complexes, et qui méritent une mention spéciale.

La *veine porte* (qui est chargée de ramener le sang du tube digestif et de ses annexes), après s'être constituée en un tronc volumineux par la convergence de ses branches d'origine, se divise de nouveau à son entrée dans le foie et s'y distribue à la manière d'une artère, formant un riche réseau en tout semblable aux capillaires artériels, puis redevient convergente pour former les veines sus-hépatiques qui s'ouvrent dans la veine cave inférieure très près du diaphragme. Le sang que les artères envoient à l'intestin trouve donc sur son passage deux systèmes capillaires qu'il doit traverser. Pour vaincre la résistance du premier, il a, comme partout, l'impulsion artérielle (qui doit lui suffire; mais), au niveau du foie, l'obstacle à surmonter semble hors de proportion avec la force impulsive. En effet, dans la veine porte, les valvules n'existent pas, chez l'homme du moins, et même l'existence de ces organes serait inutile, puisque les pressions que la veine porte subit sont également réparties sur toute l'étendue de ce vaisseau. La force impulsive est donc réduite au *vis à tergo*. Mais nous savons déjà que cette force, qui ne donne au sang veineux qu'une tension très faible quand le retour de ce fluide s'effectue avec facilité, peut, lorsqu'il existe un obstacle, amener une très forte tension : c'est ainsi que, dans l'opération de la saignée, la tension veineuse s'élève considérablement au-dessous de la ligature. La seule présence de l'obstacle qu'il trouve dans les capillaires hépatiques peut donc donner au sang de la veine porte la tension nécessaire pour les traverser. Ce n'est pas tout, les mouvements respiratoires exercent une influence favorable sur la progression du sang veineux à travers le foie. En effet, les veines sus-hépatiques adhèrent fortement par leur face externe au tissu de la glande; et, comme elles se jettent dans la veine cave très près du diaphragme, c'est-à-dire en un point où l'aspiration de la poitrine s'exerce avec une grande énergie au moment où le diaphragme s'abaisse, il s'ensuit que l'aspiration se propage par ces canaux béants jusque dans les petits vaisseaux du foie. Comme, pendant que se fait l'appel du côté de la poitrine, l'abaissement du diaphragme comprime le sang de la veine porte, ce muscle pousse le sang du côté des capillaires hépatiques, et cette impulsion vient seconder l'appel thoracique pour favoriser le passage du sang à travers la glande. Poiseuille (1) et P. Bérard (2) ont insisté sur ces causes adjuvantes de la circu-

(1) *Recherches sur les causes du mouvement du sang dans les veines* (*Journ. hebd. de médecine*, 1830, t. I.

(2) *Cours de physiologie*, t. IV, p. 64.

lation de la veine porte. Ce dernier physiologiste a surtout noté l'influence de l'adhérence des veines sus-hépatiques au parenchyme du foie : c'est le même effet que nous avons déjà vu se produire au cou, par suite de l'adhérence des veines aux aponévroses environnantes.

La *circulation veineuse encéphalique* présente aussi des particularités importantes. Les troncs veineux y sont représentés par les *sinus* de la dure-mère qui forment des conduits toujours dilatés et soustraits aux pressions extérieures. On a attribué à ces sinus une action aspiratrice analogue à celle du siphon : cette action paraît admissible. Les veinules qui des capillaires de l'encéphale se rendent aux sinus sont situées dans un milieu liquide et par lui-même incompressible : le liquide céphalo-rachidien. Mais elles ne sont pas pour cela, comme le croyaient Monro et plusieurs autres physiologistes, dépourvues de la faculté de se dilater ou de se resserrer. En effet, le liquide de la cavité crânienne communique directement avec celui du rachis, de telle sorte que, refluant de l'une de ces cavités à l'autre, il permet aux vaisseaux sanguins de changer de volume. L'anatomie pathologique montre bien d'ailleurs que les vaisseaux de l'encéphale peuvent, comme les autres, subir la dilatation congestive.

Lors donc que les veines de la pie-mère cérébrale se dilatent, tout le sang qui afflue à leur intérieur chasse dans le canal vertébral une quantité égale de liquide céphalo-rachidien ; celui-ci, à son tour, ne peut entrer dans la cavité du rachis qu'à la condition de comprimer les sinus veineux qui l'entourent, et d'en faire sortir une quantité de sang proportionnelle. De cette manière, il y a alternance entre la dilatation et la déplétion des veines du cerveau et de celles de la moelle épinière. Ces mouvements alternatifs du liquide céphalo-rachidien se produisent, à chaque respiration. Au moment de l'inspiration, le liquide afflue dans la cavité spinale pour remplacer le sang des plexus de la moelle, qui subit l'aspiration thoracique. Ce mouvement tend à former, dans la cavité crânienne, un vide qui appelle à son tour le sang dans les vaisseaux de l'encéphale. Telle est la nature des mouvements rhythmés du liquide céphalo-rachidien, si l'on peut conclure des expériences et des cas pathologiques à ce qui se passe à l'état normal. Mais, dans les vivisections et dans les observations de spina-bifida sur lesquelles on a basé cette théorie, le liquide céphalo-rachidien se trouve dans des conditions toutes spéciales ; car il est soumis à la pression atmosphérique au lieu d'être renfermé, comme à l'état normal, dans une cavité invariable limitée par des parois osseuses. Nous reviendrons sur ces mouvements du liquide céphalo-rachidien à l'occasion de la physiologie du système nerveux.

Certains points du système veineux ont pour caractère propre de présenter des stases complètes par intervalles : on voit alors ces vaisseaux, distendus par le sang, se gonfler de plus en plus, et communiquer aux tissus qui les renferment une rigidité connue sous le nom d'*érection*. Les corps caverneux de la verge présentent le type de cet état circulatoire. Ils sont, en effet, creusés de vacuoles qui font partie du système veineux, et dans lesquelles le sang s'accumule avec une forte tension, lorsque son retour est rendu impossible par la contraction de certains muscles. On peut imiter sur le cadavre cet état d'érection du pénis en étranglant les vaisseaux veineux par une ligature placée à la base de l'organe, de manière à empêcher le retour par ces vaisseaux, tandis qu'on pousse de l'eau dans

les artères avec une pression qui n'excède pas la tension artérielle. Suivant J. Müller (1), il faudrait une colonne d'eau de six pieds pour obtenir une complète rigidité de la verge de l'homme.

Circulation pulmonaire.

En commençant l'histoire de la circulation, nous avons dit que le cours du sang dans les cavités droites du cœur et dans le poumon pouvait être négligé provisoirement, et qu'on était autorisé, pour la facilité de l'étude, à considérer l'appareil circulatoire comme un circuit unique, tel qu'il est représenté dans le *schema* de Weber (p. 764). En effet, tout ce que nous avons avancé jusqu'à présent s'applique également à la circulation pulmonaire, qui présente, en petit, les mêmes organes et les mêmes fonctions que la circulation générale. Nous retrouvons là aussi un ventricule, une artère séparée du cœur par des valvules sigmoïdes en tout semblables à celles de l'aorte, un réseau capillaire que le sang du poumon doit traverser, avant de revenir par les veines pulmonaires à l'oreillette gauche, pour rentrer dans la grande circulation.

Rien, dans le jeu de ces parties, ne s'éloigne bien sensiblement de ce qui a été déjà décrit; mais le rôle de la circulation pulmonaire entraîne néanmoins quelques différences qu'il reste à indiquer.

Le sang qui va dans le poumon est du sang veineux qui en revient à l'état de sang artériel, tandis que dans le reste du corps, c'est du sang artériel qui part du cœur pour y revenir à l'état de sang veineux. Cette différence de composition, essentiellement liée à la destination du poumon et à la fonction respiratoire, nous a déjà occupé ailleurs. En outre, le sang qui traverse le poumon n'éprouve dans ce court circuit que de faibles résistances: c'est à cette condition que se rattachent diverses particularités de son mouvement que nous aurons à signaler ici.

Moins d'obstacles à vaincre exigeait moins de force de la part de l'organe d'impulsion; aussi le cœur droit, par sa moindre épaisseur, révèle-t-il au premier abord une moindre énergie musculaire que le cœur gauche. Des mesures plus rigoureuses de sa force ont été prises par différents physiologistes. Butner (2) étudia, à l'aide du manomètre à mercure, la pression de l'artère pulmonaire, et trouva, chez le chien, une moyenne de 29^{mm},6 ; chez le chat, de 17,6 ; chez le lapin, de 12,07. Chauveau et Faivre (3) évaluent la pression de l'artère pulmonaire à 1/3 de celle de l'aorte. — Les expériences de Butner ont été faites dans des circonstances qui nous semblent susceptibles d'altérer les résultats. En effet, ce physiologiste expérimenta sur des animaux auxquels il avait coupé les pneumogastriques; dès lors l'influence accélératrice que cette section produit sur les battements du cœur, et l'action que nous lui connaissons déjà, n'ont pas dû être sans influence sur l'état de la tension dans les artères pulmonaires. L'ouverture seule de la poitrine et l'établissement de la respiration artificielle modifient déjà assez la circulation pulmonaire pour que les valeurs obtenues dans ces conditions s'éloignent notablement de celles qui existent à l'état normal. Aussi les chiffres obtenus par Chauveau et Faivre sont-ils ceux qui doivent inspirer le plus de confiance: les expériences de ces physiologistes ont été faites sans ouverture

(1) *Manuel de physiologie*, t. I, p. 178, trad. franç. de Jourdan.
(2) *Zeitschrift für rationelle Medizin*, 1853, 2e série, t. II, p. 100 et suiv.
(3) *Gazette méd. de Paris*, 1856.

préalable de la poitrine, et la pression de l'artère pulmonaire a été prise sur le cheval au moyen d'un trocart qu'on avait enfoncé jusque dans ce vaisseau, à travers un espace intercostal.

La résistance que les capillaires du poumon présentent au sang qui les traverse varie sous plusieurs influences, et entraîne avec elle des variations dans les tensions artérielle et veineuse ; mais la difficulté d'expérimenter sur la circulation pulmonaire sans y produire de perturbations profondes, fait que, sur ce sujet, on est à peu près réduit à supposer ce que chaque influence doit produire d'après ce qui se passe dans les mêmes conditions du côté de la circulation générale. — Il est toutefois bien constaté que la respiration exerce une influence très grande sur le cours du sang dans le poumon. Aussitôt que la respiration s'arrête, la tension s'élève dans l'artère pulmonaire, indiquant qu'un obstacle considérable existe dans les voies capillaires du poumon ; les cavités droites, ne pouvant plus se vider, s'engorgent de sang, puis cet état se prononce de plus en plus jusqu'à l'asphyxie, qui en devient la conséquence. Sur le cadavre des animaux asphyxiés, on retrouve encore cet engorgement des cavités droites du cœur qui est, pour ainsi dire, le signe anatomique de ce genre de mort.

Quelle est la cause immédiate de la résistance des capillaires du poumon au cours du sang lorsque la respiration ne se fait pas ? Haller (1) croyait expliquer très simplement cet effet par une cause toute mécanique : pour lui, le retrait du poumon entraînait la flexion à angle aigu des vaisseaux de son parenchyme, et le sang, n'étant plus capable de les traverser, s'accumulait derrière cet obstacle. Cette théorie fut combattue par Goodwyn (2), Bichat (3), Magendie (4), au moyen d'expériences probantes. Ce dernier tenta de substituer à la théorie de Haller une autre explication mécanique. L'arrêt du sang tiendrait, suivant lui, à la compression des vaisseaux pulmonaires par le retrait du poumon. D. Williams (5) montra qu'on peut voir la même stase sanguine se produire dans les artères pulmonaires après l'ouverture de la poitrine, même lorsqu'on empêche complétement le poumon de revenir sur lui-même au moyen d'une ligature placée sur la trachée. Enfin Milne Edwards (6) fait remarquer avec raison que, dans toutes les expériences dans lesquelles la poitrine est ouverte, on ne saurait conserver les conditions normales de l'expansion des vaisseaux du poumon. Ceux-ci, en effet, doivent être tenus dans un état permanent de dilatation sous l'influence de l'aspiration thoracique, et chaque effort d'inspiration doit les dilater davantage, facilitant ainsi le passage du sang dans leur intérieur. Cette explication du rôle de la respiration par rapport à la circulation pulmonaire paraît vraisemblable, mais elle n'a pas reçu sa confirmation directe ou expérimentale.

L'absence de l'hématose a été considérée aussi comme pouvant, à elle toute seule, causer l'arrêt du sang dans les capillaires du poumon. D'après Alison, dans un milieu irrespirable, malgré la continuation des mouvements respiratoires, la même stagnation sanguine se produit encore. J. Reid (7) conclut d'expériences

(1) *Elementa physiologiæ*, t. III, p. 243 et suiv.
(2) *The Connection of Life with Respiration*, 1788, p. 40 et suiv.
(3) *Recherches sur la vie et la mort*, art. VI, § 1er.
(4) Notes à l'édition de Bichat, *loc. cit.*
(5) *Edinburgh Med. and Surg. Journ.*, 1823, t. XIX, p. 524.
(6) *Leçons sur la physiol. et l'anat. comparée de l'homme et des animaux*, t. IV, p. 357, notes.
(7) *Edinburgh Med. and Surg. Journ.*, 1841, t. LV, p. 137 et suiv.

analogues que le sang, lorsqu'il ne s'hématose plus, éprouve des résistances plus grandes dans les vaisseaux, et cette idée paraît justifiée par le phénomène inverse qui se produit chez les asphyxiés auxquels on pratique la respiration artificielle. Dans ce cas, la circulation pulmonaire recommence, et cet effet semble produit par le simple contact de l'air avec le sang chargé d'acide carbonique. Peut-être, dans l'asphyxie, y a-t-il, sous l'influence du sang noir, contraction des vaisseaux pulmonaires (de ceux du moins dans lesquels le sang n'arrive, à l'état normal, que lorsqu'il est artérialisé) ; cette opinion serait assez d'accord avec ce que l'on connaît de l'action du sang veineux sur les tissus contractiles. — En somme, ce sujet ne saurait être élucidé que par l'étude expérimentale ; sa haute importance pratique le recommande à l'attention des physiologistes.

La circulation veineuse, dans le poumon, présente quelques particularités dignes d'être remarquées. Il y a absence de valvules dans les veines de cet organe qui supportent, dans toute leur étendue, les variations de pression produites par les mouvements respiratoires. La cause impulsive est donc bornée, dans les veines pulmonaires, à la force *à tergo* qui, dans ces vaisseaux, acquiert une intensité considérable; les vaisseaux capillaires du poumon se laissent en effet plus facilement traverser par le sang que ceux de la grande circulation. Enfin, si les veines du poumon offrent, dans leur ensemble, un calibre moindre que les artères, il suivrait de là que, par une exception unique dans l'économie, la circulation veineuse de cet organe se trouverait être plus rapide que sa circulation artérielle (1).

Vitesse générale de la circulation.

Nous savons maintenant quel est l'ensemble des voies que le sang doit parcourir, pour accomplir ce double circuit à travers lequel il se meut sans cesse depuis la naissance jusqu'à la mort. — Pendant la *vie intra-utérine*, l'appareil circulatoire offre des dispositions particulières qui entraînent des modifications importantes de la circulation : à cette époque de l'existence, cette fonction passe par des phases successives qui seront étudiées avec détail, dans le chapitre de la *génération*.

Considérée dans son ensemble, la circulation se fait avec plus ou moins de rapidité : nous savons déjà que le cœur, sous certaines influences, bat plus ou moins vite, que les artères versent leur sang dans le système veineux avec un mouvement d'autant plus rapide que le passage à travers les capillaires présente moins d'obstacles à surmonter. C'est donc, en définitive, la contractilité des petits vaisseaux qui constitue le régulateur du mouvement du sang; mais le système nerveux *vaso-moteur*, régissant cette contractilité, c'est lui qui tient pour ainsi dire sous sa dépendance toutes les fonctions de la vie organique qui sont liées d'une manière immédiate à la plus ou moins grande rapidité de la circulation. Ces variations, quelquefois énormes, qui surviennent à chaque instant dans l'état des vaisseaux, et, par suite, dans la vitesse du courant qui les traverse, empêcheront toujours d'assigner à la rapidité du circuit sanguin une valeur définie. — Nous croyons néanmoins devoir mentionner ici les remarquables expériences de Hering sur la *vitesse générale de la circulation*.

Que l'on suppose une molécule sanguine prise au moment où elle vient de tra-

(1) DONDERS, *Physiologie des Menschen*, p. 156. Leipzig, 1859.

verser une veine, il est évident qu'elle ne reviendra à ce point qu'après avoir passé successivement par le cœur droit et le poumon, le cœur gauche, les artères et les capillaires, enfin la partie du système veineux en aval de laquelle nous avons choisi son point de départ. Si l'on pouvait reconnaître à son passage cette molécule sanguine lorsqu'elle a parcouru ce double circuit, on saurait quel temps est nécessaire pour que le sang ait accompli sa révolution entière. C'est ce résultat que Hering (1) a cherché à obtenir en injectant dans une veine une substance dont la présence pût se constater dans le sang à l'aide de réactions chimiques. Le prussiate de potasse fut le sel que choisit ce physiologiste ; il l'injecta dans la jugulaire d'un animal et nota le moment exact de cette introduction. Puis, recueillant de cinq en cinq secondes le sang de l'autre jugulaire, il vit qu'au bout de *trente secondes* environ, chez le cheval, le torrent circulatoire avait ramené aux jugulaires la substance injectée. C'est, comme on le sait, en traitant par un sel de fer le sérum du sang ainsi recueilli à intervalles réguliers, qu'on peut reconnaître, à la coloration bleue qui se produit, si le prussiate de potasse est arrivé dans le vaisseau qu'on explore.

En opérant sur la veine crurale, on trouve qu'il faut un peu plus de temps qu'en agissant sur la jugulaire, pour que le prussiate de potasse arrive au lieu de la saignée. Cela prouve que la circulation de la tête est plus rapide que celle des membres inférieurs.

Vierordt (2) apporta quelques perfectionnements au procédé de Hering, en rapprochant davantage les intervalles des saignées ; il put ainsi évaluer la vitesse de la circulation avec un peu plus de rigueur que ne l'avait fait Hering. Une cause d'erreur interviendrait, selon Matteucci (3), dans ces sortes d'expériences : c'est la diffusion du sel injecté dans le liquide sanguin ; mais cette cause ne saurait en tout cas être assez influente pour modifier bien sensiblement la durée du transport.

Si l'on réfléchit aux voies si différentes par lesquelles le sang peut accomplir son trajet dans la grande circulation, on voit qu'il en est de très courtes relativement aux autres. Ainsi, le sang qui traverse le cœur n'accomplit qu'un bien petit circuit ; la circulation céphalique, celle de l'intestin, etc., sont beaucoup plus courtes que celle qui se fait à travers les membres inférieurs. Il résulte de là que le sang qui, dans la saignée, apparaît le premier chargé de prussiate de potasse, devra être celui qui aura accompli le trajet le plus court ; sa vitesse n'est donc pas celle de toute la masse du sang, elle n'en représente pas même la moyenne, mais correspond à son maximum. On peut supposer néanmoins que la vitesse ainsi obtenue est en général proportionnelle à la rapidité circulatoire, et dès lors on pourra tirer d'utiles déductions des expériences de Hering et de celles de Vierordt.

J. Blake (4), étudiant la rapidité plus ou moins grande de l'action de matières toxiques injectées dans les veines, put déterminer le temps qu'une *partie* du circuit met à s'accomplir ; comme, par exemple, le temps nécessaire à ramener le sang des jugulaires au cœur, au poumon, etc.

Hering et Vierordt ont vu en outre que, chez les différents mammifères, il existe à peu près constamment un certain rapport entre la fréquence des battements

(1) *Zeitschrift für Physiologie*, 1832, t. V, p. 58.
(2) *Die Erscheinungen und Gesetze der Stromgeschwindigkeiten des Blutes*, p. 146.
(3) *Leçons sur les phénomènes physiques des corps vivants*, 1847, p. 326 et suiv.
(4) *On the Action of Poisons* (*Edinburgh Med. and Surg. Journ.*, 1841, t. LVI, p. 416).

du cœur et la vitesse du circuit sanguin ; de sorte que, chez tous, il faudrait environ vingt-sept battements du cœur pour que la solution injectée eût fait le tour de l'appareil circulatoire. De là résulte aussi, que chez les petits animaux qui ont les battements du cœur très fréquents, il faut *relativement* moins de temps pour que le circuit s'effectue que chez les animaux de haute taille qui ont ces battements plus rares.

Quand on cherche, d'après ces données, à déterminer la valeur d'une systole du cœur par rapport à la masse totale du sang, on voit qu'elle est de 1/27ᵉ environ à l'état normal ; mais, si l'on accélère la fréquence des battements du cœur, on s'aperçoit que chaque ondée lancée par le ventricule devient alors plus petite. Chez un cheval qu'on avait fait courir, la fréquence du pouls s'éleva de 36 pulsations à 110 par minute, et la rapidité circulatoire n'augmenta que de 1/5ᵉ environ. — Les auteurs précédents ont appliqué leurs recherches sur la rapidité du cours du sang à la pathologie et à l'étude de l'action des médicaments ; mais nous ne saurions les suivre ici dans leurs déductions, vu le peu de certitude de leur méthode et l'opposition qu'offrent leurs résultats avec les opinions le plus généralement admises en pathologie et en thérapeutique.

DE LA SÉCRÉTION.

Quand on considère comment la vie se conserve dans les organismes inférieurs, il est facile de reconnaître que c'est au moyen de deux fonctions opposées et corrélatives, l'*absorption* et la *sécrétion*. Par la première, l'être vivant introduit dans son intérieur des substances qu'il puise dans les milieux qui l'entourent; par la seconde, il fait dans ces substances un choix entre celles qu'il doit conserver pour se les assimiler et celles qu'il doit rejeter comme inutiles ou nuisibles.

Cette manière de comprendre la sécrétion serait conforme à l'étymologie (*secernere*, séparer, choisir); mais elle aurait le grave inconvénient de réunir et de confondre des opérations différentes par leur but, c'est-à-dire les actes de nutrition et ceux de sécrétion. Dans les végétaux, la distinction de ces actes est assez difficile pour que Ad. de Jussieu (1) ait cru devoir réunir dans un même chapitre la *nutrition* et la *sécrétion;* pour les animaux mêmes, Treviranus (2) a pu dire que « chaque partie, eu égard à sa nutrition, est relativement au reste du corps dans les conditions d'une substance excrétée. » — La vérité est que ce ne sont pas seulement les organes dits sécréteurs qui agissent sur les matériaux de la partie dissoute du sang, et que ce fluide est dans un état de perpétuelle mutation due également à l'action qu'exercent sur lui tous les autres organes et tous les autres tissus de l'économie : c'est en ce sens que se confondent les fonctions de sécrétion et de nutrition.

Mais, tout en reconnaissant que la nature ne se plie pas aux divisions établies par la science et qu'elle emploie des moyens analogues pour arriver à des résultats différents, il est néanmoins nécessaire, pour la facilité de l'étude, de poser des divisions qui, bien qu'artificielles, ne laissent pas que d'avoir leur utilité. Nous n'examinerons donc ici que la *sécrétion* en elle-même, — c'est-à-dire la fonction par laquelle les corps vivants séparent de l'organisme des substances destinées à être rejetées hors de lui ou à n'y rester que pour servir à des actes physiques ou chimiques, — et nous nous abstiendrons de traiter, pour l'instant, des phénomènes de sécrétion liés à d'autres fonctions. Ce qui distinguera essentiellement un produit de sécrétion d'un produit de nutrition, c'est son inaptitude à être assimilé sans modification ultérieure.

Les substances sécrétées, qu'on désigne aussi sous le nom de *sécrétions*, sont généralement distinguées en *excrémentitielles* et *récrémentitielles :* les premières doivent être rejetées au dehors, et les secondes restent dans l'économie pour y servir à l'exercice de certaines fonctions. Cette distinction, qui n'est pas rigoureuse, n'a pas d'ailleurs une bien grande importance. — On a aussi divisé les sécrétions en

(1) *Éléments de botanique*, p. 178. Paris, 1852.
(2) *Biologie*, t. IV.

continues, *rémittentes* et *intermittentes* : aux premières est confié un rôle de dépuration qui ne pourrait s'interrompre sans danger pour l'organisme (urine, bile, etc.); quant aux secondes, sans cesser jamais, elles augmentent ou diminuent de quantité suivant diverses circonstances (sueur, salives sous-maxillaire et sublinguale, etc.); enfin, pour les troisièmes, elles se suspendent par intervalles et d'une manière plus ou moins complète (salive parotidienne, suc gastrique, suc pancréatique, etc.). — Plus loin, nous dirons comment les sécrétions ont été classées au point de vue de leur composition chimique.

L'utilité de la sécrétion, son indispensable nécessité, n'ont pas besoin d'être démontrées : puisque les corps vivants ont la propriété d'absorber, et que leurs dimensions sont fatalement circonscrites dans de certaines limites, il fallait bien que les substances absorbées en excès pussent être éliminées. Toutefois cette utilité en quelque sorte mécanique n'est pas la seule, elle est même la moindre : on pourrait comprendre, en effet, que l'absorption fût restreinte aux besoins de la nutrition et qu'elle n'offrît jamais d'excédant à rejeter. Mais on sait que les molécules qui constituent les corps vivants ne restent pas inaltérables, elles vivent toutes en quelque sorte d'une vie propre, puis elles subissent une série de modifications, de transformations telles, qu'après un certain temps elles deviennent inutiles, et même deviendraient nuisibles si elles n'étaient expulsées : cette expulsion est l'œuvre des sécrétions. Aussi Marshall-Hall (1) a-t-il cru devoir dire que « les fonctions d'égestion sont encore plus immédiatement nécessaires à la conservation de la vie que celles d'ingestion. »

Dans les animaux supérieurs, toute substance passe nécessairement dans le torrent circulatoire avant d'être assimilée; de même aussi toute substance y rentre pour être excrétée. Mais ce serait une erreur de croire qu'on trouve tout formés, dans le sang, les divers produits de sécrétion : si quelques-uns y existent tout constitués, d'autres ne s'y rencontrent que dans leurs éléments. — Ainsi Prévost et Dumas ont démontré la présence de l'*urée* dans le sang d'animaux auxquels les reins avaient été enlevés ; Simon et Marchand, dans le sang normal des ruminants ; et Garrod dans celui de l'homme (*). — L'*acide urique* existe non-seulement dans le sang des goutteux, mais même à l'état normal et en combinaison avec la soude. On a également trouvé de l'*acide hippurique* combiné avec ce dernier alcali. — On admet aussi qu'on y rencontre de la *créatine*, de la *créatinine*, et de l'acide *lactique* sous forme de lactates alcalins. — Il est facile d'y reconnaître la présence de la *cholestérine* et d'autres matières grasses; mais on ne peut qu'y supposer l'existence de la matière colorante de la bile, *biliverdine*. — Il n'est pas possible de démontrer que le sang contienne de la *caséine*, du moins en quantité suffisante pour la sécrétion lactée, non plus que de l'*acide butyrique* qui résulte sans doute de transformations subies par les matières grasses du sang, etc., etc.

Il est possible que la chimie parvienne à démontrer ultérieurement que les principes immédiats de toutes les sécrétions existent réellement dans le sang ; mais, en admettant qu'il en soit ainsi, il n'en faudrait pas conclure que la sécrétion ne consiste que dans le passage direct de ces principes à travers les organes sécréteurs. En effet, si les analyses les plus parfaites ont pu retrouver dans le sang des

(1) *Gulstonian Lectures*, 1842.

(*) Le sang des goutteux et celui des albuminuriques contiennent de l'*urée* en proportion plus considérable que de coutume (MAZUYER et GARROD).

traces des principes excrétés, en n'en retrouvant que des traces elles établissent que ces principes doivent nécessairement se former dans les organes sécréteurs eux-mêmes : ainsi, d'après Garrod, dans 1000 grammes de sérum de sang humain, il n'y aurait que 0,005 d'urée et 0,002 d'acide urique, quantités insuffisantes pour la sécrétion urinaire, etc.

Les produits de sécrétion peuvent être solides, liquides ou gazeux. — Parmi les premiers, on ne pourrait guère compter que les fanons, les dents, les poils, les ongles, les plumes, qui se rapprochent des sécrétions par leur mode de formation et s'en éloignent par leurs usages. Toutefois, au dire de Paget (1), les poils auraient pour action de séparer du sang le bisulfite de protéine ; mais on ne voit pas que leur présence ou leur absence modifie, d'une manière sensible, la composition du liquide sanguin. Le suif et la graisse, les matières sébacées, le cérumen des oreilles, bien que solides à la température ordinaire, paraissent sécrétés à l'état liquide. — Les sécrétions liquides sont, de beaucoup, les plus nombreuses. Ce sont : la salive, le suc gastrique, le fluide pancréatique, le suc intestinal, la bile, l'urine, les larmes, le mucus, le sperme, le lait. Certaines sécrétions peuvent être à l'état liquide ou à celui de vapeur, comme la sérosité des membranes articulaires, des membranes séreuses, la sueur, etc. : ces divers produits ne sont liquides que quand ils ont été sécrétés en grande abondance ou condensés par le froid. — La transpiration insensible constitue la seule sécrétion gazeuse véritable, à moins qu'avec divers auteurs, on ne veuille considérer comme une sécrétion l'exhalation de l'acide carbonique par les poumons. Chez les poissons, on a voulu aussi parfois envisager comme un produit gazeux de sécrétion les fluides aériformes qui remplissent la vessie natatoire. Quant aux gaz contenus dans les intestins, on admet qu'ils y sont formés plutôt par exhalation que par sécrétion.

Il n'est aucun caractère physique commun à toutes les sécrétions : elles diffèrent de couleur, d'odeur, de densité ; aussi paraît-il y avoir encore beaucoup plus de diversité entre les produits de sécrétion qu'entre les organes sécréteurs eux-mêmes.

La composition chimique n'est pas moins différente dans les sécrétions. Sous ce rapport, Tiedemann (2) divise en six grandes classes les fluides sécrétés dans l'économie animale : 1° les liquides séreux qui ressemblent au sérum du sang et sont composés d'une grande quantité d'eau, d'un peu d'albumine dissoute et des sels existant dans cette dernière (sérosité du tissu cellulaire, liquides des membranes séreuses et articulaires, des chambres de l'œil, de la capsule cristalline et du labyrinthe de l'oreille) ; — 2° les liquides albumineux, qui se distinguent par une grande quantité d'albumine (suc pancréatique, sperme, liquide des vésicules de de Graaf, etc.) ; — 3° les liquides muqueux, dans lesquels le mucus animal est le principe prédominant (mucus du tube digestif, des voies respiratoires, des organes génito-urinaires, et aussi le liquide sécrété à la surface de la peau chez la plupart des animaux qui vivent dans l'eau) ; — 4° les liquides gras ou huileux (graisse du tissu cellulaire, moelle des os, liquides des cryptes de la peau, cérumen des oreilles, fluides gras du prépuce, de l'entrée des parties génitales de la femme, fluide des glandes anales, huile de la glande coccygienne des oiseaux, cire des

(1) *Lectures on Nutrition* (*London Med. Gaz.*, 1847).
(2) *Physiol. génér. et comp.*, 2ᵉ part., p. 437 et suiv., édit. franç.

abeilles, etc.) ; — 5° les liquides contenant beaucoup de sels et la plupart du temps des substances animales particulières (salive, bile, urine, larmes, etc.) ; — 6° les liquides dans lesquels les acides prédominent (sueur, venin des abeilles, liquides que lancent les fourmis, etc.).

La distinction des sécrétions en acides et en alcalines, suivant qu'elles doivent être complétement expulsées ou servir ultérieurement à d'autres fonctions, n'est pas fondée dans la totalité des cas. — La présence ou l'absence de globules ne saurait non plus servir à distinguer les produits sécrétés en récrémentitiels et excrémentitiels.

La quantité des produits de sécrétion varie suivant un grand nombre de circonstances. En général, elle est beaucoup plus considérable qu'on ne serait tenté de le supposer : ainsi, dans les végétaux, elle est telle que, d'après Martino (1), la quantité de transpiration d'un chou s'élèverait à 23 onces dans les vingt-quatre heures; suivant Lehmann (2), un chien sécrète, en vingt-quatre heures, une quantité de suc gastrique équivalente au dixième du poids total du corps; les recherches de Bidder et Schmidt (3) ont établi qu'un lapin sécrète, dans le même temps, un huitième de son poids de bile, etc.

Certaines sécrétions peuvent être considérées comme complémentaires l'une de l'autre : ainsi chacun sait que la quantité de la sécrétion urinaire est en raison inverse de la quantité de la transpiration cutanée ; chez les animaux qui ne transpirent pas par la peau, l'exhalation pulmonaire supplée à l'exhalation cutanée, etc. — Mais, s'il est certaines substances qui peuvent être excrétées presque indistinctement par une voie ou par une autre, il en est aussi qui ne peuvent être sécrétées que par des organes spéciaux. L'eau, qui constitue la base de presque toutes les sécrétions, peut être rejetée par la peau, par les muqueuses, par les diverses glandes, presque aussi bien que par les reins : aussi, quand une sécrétion augmente de quantité, est-ce principalement la partie liquide qui constitue cette augmentation à laquelle les parties solides (au moins les parties organiques) ne contribuent presque pas ou même pas du tout.

L'abondance d'une sécrétion n'est pas constante, et, d'une manière générale, on peut dire qu'elle est plus grande pendant que s'exerce la fonction à laquelle elle concourt que pendant la période de repos : la sécrétion de la salive augmente considérablement pendant la mastication, celle du liquide pancréatique pendant la digestion, etc. — Plusieurs sécrétions ne sont que temporaires : telles sont celles qui sont relatives aux fonctions génitales, qui ne commencent qu'à la puberté et finissent à la vieillesse. La sécrétion lactée est non-seulement temporaire, limitée à la période où la mère nourrit ses petits, mais encore elle n'appartient qu'à un seul sexe : les exemples de production de lait chez les individus mâles sont une exception assez rare pour qu'on n'en doive tenir que peu de compte.

Rappelons, en passant, qu'il existe des sécrétions pathologiques qui n'ont pas leurs analogues dans les conditions normales, et des sécrétions modifiées dans leur composition sous des influences morbides. Chacun connaît les propriétés virulentes

(1) Cité par TIEDEMANN, *Physiol. génér. et comp.*, 2e part., p. 428, trad. de Jourdan. Paris, 1831.

(2) *Précis de chimie physiologique animale*, trad. franç. Paris, 1855, p. 189.

(3) *Die Verdauungssäfte*, etc., p. 209.

qu'acquièrent la salive chez les animaux atteints d'hydrophobie, le mucus des voies génitales chez les individus affectés de syphilis, etc.

Quelle que soit la diversité de composition des sécrétions, chacune d'elles a une composition à peu près constante dans les conditions ordinaires, mais que diverses circonstances peuvent néanmoins faire varier. Ainsi les substances non assimilables introduites dans l'économie en sortent par les sécrétions, non pas indistinctement par l'une ou par l'autre, mais suivant un mode d'élection facile à constater. — Il est admis généralement que les acides minéraux sont éliminés surtout par le fluide gastrique; — les alcalis, le sel de nitre, les principes résineux, par les urines; — l'iodure de potassium, les sels mercuriels par la salive, etc. A quelle loi obéissent les sécrétions dans ces circonstances, nous l'ignorons, aussi bien que nous ignorons celle qui préside au mécanisme des sécrétions à l'état normal.

Si l'on considère que tous les tissus possèdent la propriété de *choisir* dans le liquide ambiant les éléments propres à leur nutrition, on sera tenté de croire que des tissus particuliers, des organes spéciaux ne sont pas nécessaires pour *choisir* les éléments des sécrétions : ce serait une erreur, et l'existence même d'agents sécréteurs pourrait servir à établir une distinction réelle entre la nutrition et la sécrétion.

Les organes sécréteurs proprement dits, les *glandes*, sont loin d'être partout semblables. —Jusqu'au dix-septième siècle, les anatomistes n'eurent aucune idée de la structure de ces organes, desquels ils ne s'appliquaient à étudier que la forme extérieure et la situation. A Malpighi (1) sont dues les premières notions sur la texture intime du parenchyme glandulaire. Cet observateur célèbre admit que les conduits excréteurs des glandes se terminent en culs-de-sac à forme vésiculeuse (*acini*). A ses yeux, toute glande serait constituée par une série de petits grains disposés sur les conduits excréteurs comme les grains d'une grappe de raisin sur leur tige. Malpighi n'était pas complétement dans le vrai, puisque certaines glandes, telles que le rein, le testicule, les glandes de Lieberkühn, etc., ne présentent pas d'*acini* ou culs-de-sac vésiculaires, mais bien des tubes cylindriques, droits ou plus ou moins flexueux. Il avait néanmoins découvert ce fait important, que les glandes sont formées par l'épanouissement des conduits excréteurs, fait que des recherches ultérieures sont venues confirmer de tous points. — Ramenée à la plus simple expression, une glande peut toujours se définir, d'après Malpighi : « *une cavité close avec un conduit excréteur.* » Pour lui, les *acini* représentent la division ultime des glandes : les auteurs modernes ont poussé l'investigation plus loin, et, avec leur microscope perfectionné, ils ont pu reconnaître que les acini sont eux-mêmes formés par un agrégat de cellules communiquant entre elles et s'ouvrant dans un même conduit excréteur.

Quelques années plus tard que Malpighi, Ruysch (2), s'appuyant de ses admirables injections, avança que les glandes étaient essentiellement constituées par des vaisseaux sanguins venant s'aboucher directement avec les canaux excréteurs. Des études postérieures ont prouvé que ces deux systèmes de canaux sont indépendants, et que leur communication est toujours le résultat d'une déchirure produite sous l'effort de la substance injectée.

(1) *De viscerum structura exercit. anatom.*, trad. franç. Paris, 1687, in-12.
(2) *Opusculum anatom. de fabr. glandul. in corp. hum.*, p. 45 et seq. Amsterdam, 1733, in-4.

L'étude de la texture du système glandulaire n'a réellement fait de nouveaux progrès que depuis un petit nombre d'années, grâce au perfectionnement des moyens d'observation. Cependant beaucoup de points restent encore obscurs, et les auteurs qui se sont le plus occupés de ce sujet, J. Müller (1), Kölliker (2), Henle (3), etc., sont loin d'être d'accord, même sur ce que l'on doit désigner sous le nom de *glande*.

L'idée la plus générale qu'on puisse se faire d'une glande, est celle d'un organe propre à soustraire de la masse totale du sang qui le traverse certains principes destinés à être déversés à la surface de la peau ou des membranes muqueuses : sécrétion et excrétion, tel est donc le rôle d'une glande.

La partie la plus essentielle des glandes est représentée par leur *élément sécréteur*, qui consiste en cellules ou vésicules particulières. Quant à ce qui concerne l'*élément excréteur*, certaines glandes, et ce sont de beaucoup les plus nombreuses, peuvent excréter sans cesse leur produit à l'aide de conduits toujours ouverts; d'autres, au contraire (ovaires, follicules clos de l'intestin, glandes biliaires d'un grand nombre d'invertébrés), semblent s'ouvrir par déhiscence et d'une façon intermittente. — Ainsi, ce qui caractérise le tissu glandulaire et le différencie de tous les autres tissus, c'est la présence de cellules spéciales qu'il nous faut étudier et dont le rôle consiste à extraire du sang, souvent aussi à élaborer certains matériaux qui, une fois sécrétés, doivent se rendre aux surfaces tégumentaires.

Il y aura donc lieu de faire une classe à part de la *rate*, du *corps thyroïde*, du *thymus* et des *capsules surrénales*, qui possèdent, il est vrai, des cellules propres en rapport fonctionnel avec la constitution du sang, mais dont le produit, faute de canaux excréteurs, n'est point versé à la surface cutanée ou muqueuse.

Un épithélium spécial, nucléaire ou autre, et une substance amorphe qui constitue les parois des tubes sécréteurs, — des fibres musculaires lisses, — des éléments fibro-plastiques, — du tissu conjonctif, — des vaisseaux sanguins et lymphatiques, — des nerfs, — tels sont les divers éléments qu'on observe dans les glandes.

La cellule sécrétante, ou élément caractéristique, est le plus souvent polygonale ou cylindrique. On pourrait la confondre avec les cellules épithéliales ordinaires, mais elle en diffère essentiellement en ce qu'elle renferme dans son intérieur des matériaux particuliers, tels que ceux de la bile, du suc gastrique, etc.

Kölliker rattache aux quatre types suivants les formes principales de l'élément sécréteur des glandes : 1° Réseau de cellules solides et sans membrane d'enveloppe : on les trouve dans le foie. 2° Vésicules closes entourées d'une membrane fibreuse et pourvues d'épithélium : les vésicules de de Graaf, les follicules du corps thyroïde, peut-être aussi le thymus. 3° Vésicules glandulaires ouvertes, arrondies ou allongées, avec une membrane propre et un épithélium : on les rencontre dans les *glandes en grappe*. 4° Gaînes glandulaires ouvertes avec une membrane propre ou une membrane fibreuse et un épithélium : elles s'aperçoivent dans les *glandes en tube*.

Suivant le même observateur, les vraies glandes peuvent être groupées dans

(1) *De glandularum secernentium structura penitiori, etc. comment. anatom.* Lipsiæ, 1830.
(2) *Éléments d'histologie humaine*, trad. franç. Paris, 1856, p. 54 et suiv.
(3) *Anat. génér.*, trad. de Jourdan. Paris, 1843, t. II.

les divisions qui suivent, d'après la forme de leurs derniers éléments : glandes avec vésicules glandulaires closes qui s'ouvrent par déhiscence (ovaire, etc.) ; — glandes dont le parenchyme consiste en cellules assemblées sous forme de réseau (foie); — glandes en grappe (simples ou composées) ; — glandes en tube (simples ou composées).

Dans la classification le plus généralement admise, sans doute parce qu'elle est la plus simple, on distingue des follicules, des glandes en tube et d'autres en grappe.

Les *follicules* représentent cette forme rudimentaire de glande que l'on rencontre principalement, mais non exclusivement, chez les animaux d'un ordre inférieur. Il en est qui offrent un orifice permanent, comme les follicules du col utérin, etc.; d'autres s'ouvrent de temps à autre par déhiscence, comme les vésicules closes de de Graaf. Les nombreuses vésicules qui tapissent la surface intestinale, des annélides et qui crèvent de temps en temps pour laisser écouler la bile, se rattachent également à ce groupe. Il est présumable que les *follicules agminés* qui constituent les plaques de Peyer versent aussi leur produit par déhiscence, etc.

Les *glandes en tube* sont tantôt simples et tantôt composées. — Les *simples* sont formées parfois d'un tube droit terminé en cæcum ou d'un petit nombre de tubes de cette espèce (l'estomac et l'intestin renferment beaucoup de ces sortes de glandes) ; d'autres fois le tube unique est enroulé, pelotonné sur lui-même de façon à représenter un petit grain (les glandes sudoripares et les glandes cérumineuses du conduit auditif en sont des exemples). Les glandes en tube *composées* sont celles qui offrent un plus ou moins grand nombre de tubes ramifiés ou reliés entre eux sous forme de réseau : le rein et les testicules sont les principales glandes de ce genre.

Quant aux *glandes en grappe*, elles sont aussi simples ou composées, et ces deux espèces ne diffèrent l'une de l'autre que par la disposition du conduit excréteur. — Dans les glandes en grappe *simples*, le conduit excréteur n'est pas ramifié, mais la cavité du saccule qui les compose est divisée, à son intérieur, par des saillies membraneuses, en plusieurs compartiments qui tous aboutissent au conduit central : telles sont les glandes sébacées, les glandes de Meibomius, celles qui entourent la base du mamelon, celles qui forment la caroncule lacrymale, etc. Les glandes en grappe *composées* sont très nombreuses, et présentent un conduit excréteur ramifié : tantôt ce conduit se divise, à la manière des vaisseaux, en branches de plus en plus petites, et tantôt naissent irrégulièrement de ses parties latérales, à angle droit, des rameaux plus déliés qui se subdivisent à leur tour. Les grains glanduleux (*acini* de Malpighi) se réunissent pour former des lobules indépendants les uns des autres, et ceux-ci forment des *lobes*. Les glandes salivaires, lacrymale, mammaire, le pancréas, etc., appartiennent à cette classe de glandes.

L'étude de la structure intime des principaux organes de sécrétions ne pouvait manquer de jeter quelque jour sur la manière suivant laquelle elles s'opèrent. Mais on n'a pas attendu jusque-là pour émettre des idées théoriques sur le *mécanisme des sécrétions.*

L'idée la plus simple, et qui semble s'être présentée la première à l'esprit, se trouve déjà exprimée dans Asclépiade de Bithynie (1). Il suppose que les tissus à travers lesquels s'opère une sécrétion représentent des cribles qui laissent passer

(1) GALIEN, *De nat. facult.* lib. I, p. 92.

certaines parties et en retiennent d'autres. Cette opinion est aussi celle de Descartes (1). D'après lui, les molécules rondes s'engageraient dans des canaux circulaires, les pyramidales dans des tubes triangulaires, les cubiques dans des conduits carrés, et de cette manière chaque sécrétion conserve son état naturel, tant que des particules convenables traversent les pores qui leur sont destinés.

Borelli (2) faisait jouer un rôle, dans le mécanisme des sécrétions, au diamètre des vaisseaux, à leurs courbures, aux angles suivant lesquels les canaux sécréteurs se séparent des artères, etc. ; mais il admettait en même temps l'existence d'un ferment spécial pour chaque sécrétion. — L'école de Newton, tout en tenant compte du diamètre des vaisseaux, fait intervenir la vitesse du sang dans l'explication des phénomènes sécrétoires.

A toutes ces explications insuffisantes les animistes en substituèrent une bien plus simple, mais qui n'explique absolument rien. Stahl (3), aux yeux de qui les théories atomiques ne pouvaient pas rendre compte des actes sécrétoires, admet que l'*âme* est le surveillant qui porte chaque chose à sa place ; et, d'après Platner (4), chaque organe a son tact, ses désirs et ses aversions suivant lesquels il tire du sang les principes dont la sécrétion lui est confiée. Quand Haller eut établi les lois de l'irritabilité, Cigna (5) s'efforça de démontrer leurs rapports avec les sécrétions.

Ainsi chaque système a eu son explication des importants phénomènes que la sécrétion présente.

De nos jours, on reconnaît qu'il y a quelque chose de vrai dans plusieurs de ces théories anciennes, et assurément il convient encore de faire grande la part des phénomènes mécaniques et chimiques dans l'acte de la sécrétion. Mais ce qui distingue essentiellement la théorie assez généralement admise aujourd'hui de celles des atomistes, des iatro-mathématiciens ou des chimistes, c'est qu'elle ne voit dans les phénomènes physiques ou chimiques qu'une cause secondaire de la sécrétion, qui toujours reste subordonnée à une force inconnue dite *vitale*.

Sans doute, il n'est plus permis de croire au passage direct du sang dans les canaux sécréteurs : déjà, depuis que Malpighi (6) avait démontré la continuité des artères et des veines, on avait été amené à reconnaître qu'il y avait simple transsudation à travers les parois des artères des parties fluides du liquide sanguin. Mais les termes changés, il est permis de reconnaître dans cette transsudation, dont l'existence est incontestable dans les capillaires sinon dans les artères, l'analogue de la sortie du *plasma* du sang (*) à travers les pores des vaisseaux.

S'il n'est plus possible aujourd'hui d'attribuer aux courbures des vaisseaux ou à leur volume toute l'importance qu'on leur donnait autrefois, on doit néanmoins tenir grand compte de la vitesse de la circulation dans les actes qui participent à la sécrétion. — On n'admet plus guère l'existence de ferments qui produiraient les fluides sécrétés ; mais on sait qu'il s'opère, dans les glandes, une action moléculaire qui rappelle l'idée de la fermentation. — Enfin, si l'on rejette avec raison l'hypothèse de l'âme intelligente en fonction dans les organes sécréteurs, on est

(1) *Tractatus de homine : De nutritione*, n° 25.
(2) *De motu animalium*, p. 139. — *De œconomia animali*, chap. IX.
(3) *Theor. med.*, p. 324-327.
(4) *Quæst. physiol.*, p. 184.
(5) *Opuscoli*, t. I, p. 230.
(6) *De pulmonibus epistola*, t. II (*Opera omnia*, t. II).
(*) Partie liquide ou *solution fibrino-albumineuse et saline* du sang.

obligé de faire intervenir le système nerveux et la force vitale dans l'acte de la sécrétion.

Dans l'étude du mécanisme des sécrétions, nous avons donc à examiner la part qui revient au *fluide sanguin*, au *système nerveux* et à la *glande* elle-même.

Déjà nous avons dit que le sang apporte à toutes les glandes les éléments de leur sécrétion: c'est par sa partie fluide seule ou *plasma* qu'il les fournit, car jamais, dans les conditions physiologiques, les globules sanguins ne traversent les parois des vaisseaux. Il n'est pas possible de démontrer, d'une manière positive, que cette partie fluide ait une composition différente pour les différentes glandes; mais, après avoir admis que le sang n'est pas partout composé identiquement des mêmes matériaux, on a supposé que le liquide qui transsude des vaisseaux n'est pas non plus partout le même. Évidemment cela ne saurait suffire pour établir (il est bon de le répéter) que le sang apporte tout préparés aux glandes les produits qui doivent être sécrétés. — Quelle que soit la composition du sang, plus il sera liquide, plus abondantes seront les sécrétions : nous avons déjà dit qu'en effet c'est l'eau surtout qui augmente dans les produits de sécrétion devenus plus abondants. — La tension du sang, suivant qu'elle augmente ou qu'elle diminue, fait augmenter ou diminuer l'abondance des sécrétions. — Le ralentissement que peut subir la circulation dans les tissus glandulaires est sans contredit un des artifices destinés à favoriser la transsudation des parties fluides du sang et conséquemment la sécrétion. — Enfin, sans accepter les opinions de Descartes, il convient de rappeler que les capillaires ne paraissent avoir ni le même diamètre, ni la même disposition dans les différents tissus glandulaires.

Maintenant est-ce des artères ou des veines que provient le sang destiné à servir aux sécrétions? Il est généralement admis que c'est du sang artériel, à son passage dans le système capillaire, que proviennent les matériaux devant servir soit à la nutrition, soit aux sécrétions. Mais nous aurons à revenir plus tard sur la question de savoir si le foie de tous les animaux et les reins des ovipares ne feraient pas exception à cette règle. Quoi qu'il en soit, il importe de rappeler, dès maintenant, que dans ces derniers organes le sang veineux est réparti à la manière du sang artériel, et que, par conséquent, son plasma doit pouvoir s'échapper à travers les parois des capillaires tout aussi bien que celui du sang artériel, pour éprouver, comme lui, des modifications en rapport avec ces sécrétions dépuratoires. — Nous n'avons pas à examiner ici comment s'opère ce passage.

L'*influence du système nerveux* sur la fonction de sécrétion est réelle, mais elle ne paraît point nécessaire. Les végétaux, en effet, qui n'ont pas de nerfs, et beaucoup d'animaux inférieurs chez lesquels il n'est pas possible de démontrer l'existence d'un système nerveux, présentent des organes de sécrétion, ou tout au moins des tissus qui sécrètent. On a vu d'ailleurs des fœtus anencéphales de mammifères chez qui les sécrétions intra-utérines s'étaient faites alors même qu'il avait été impossible de trouver aucune trace du grand sympathique.

Mais, dans l'état normal, quel est celui des deux systèmes de nerfs qui influence plus spécialement la sécrétion? L'expérimentation établit que c'est surtout, mais non exclusivement, le système des nerfs ganglionnaires. — La sécrétion du suc gastrique continue après la section des nerfs vagues; la section du nerf trijumeau

n'entraîne point la suppression de la salive et des larmes (*); la paralysie de la moitié inférieure de la moelle n'empêche pas la sécrétion spermatique, etc.

Il ne faudrait pas conclure de ce qui précède que les nerfs cérébro-spinaux, en général, n'ont aucune influence sur la sécrétion ; ils en ont une incontestable, mais seulement moins active que celle du grand sympathique, à cause des raisons que nous allons faire connaître.

Nul doute que les vaisseaux sanguins ne soient doués d'une contractilité vivante régie par les fibres nerveuses qui les accompagnent. Or, ces fibres, ou plutôt ces tubes nerveux *vaso-moteurs* (associés à la fois au grand sympathique et à des nerfs cérébro-spinaux), pour arriver à leur destination, traversent, en grand nombre, surtout les ganglions du grand sympathique; de là l'intervention de ce nerf reconnue plus importante dans les phénomènes de circulation capillaire, de nutrition, de *sécrétion* et de production de chaleur. En augmentant ou en diminuant, par les divers états de contraction ou de dilatation des vaisseaux, la vitesse du cours du sang et la tension sanguine, cette portion spéciale du système nerveux peut déjà sans doute amener des changements dans les précédents actes de la vie végétative; mais ce système *vaso-moteur*, dont l'origine est dans l'axe cérébro-spinal, se borne-t-il, en effet, à agir seulement comme régulateur du cours du sang? S'il en est ainsi, il faudrait admettre que la nutrition est le résultat d'une force inhérente à toutes les molécules animales vivantes, que l'action chimico-vitale de la substance glandulaire, en particulier, joue le rôle le plus important dans le travail de la sécrétion, etc. Mais, d'autre part, ne pourrait-on pas supposer aussi que cette action, qui varie dans chaque glande, ne subsiste elle-même qu'à la faveur de l'influence nerveuse, influence alors plus *directe* qui consisterait à éveiller ou à entretenir, dans le tissu propre de chaque partie, les propriétés spéciales que chaque partie possède?

Quoi qu'il en soit du mode réel d'influence du système nerveux sur la sécrétion, on sait que les émotions morales peuvent les augmenter, les diminuer ou les modifier : la vue, l'odeur, l'idée des aliments, activent la sécrétion salivaire, une émotion pénible peut la supprimer (**); la joie ou les douleurs modérées font couler les larmes, trop violentes elles les retiennent; l'approche de son enfant fait monter le lait dans le sein de la mère; la colère suspend la sécrétion de la bile, la frayeur couvre le corps d'une sueur froide, etc.

Certaines sécrétions intermittentes ne s'opèrent même que sous l'influence d'émotions particulières : telles seraient la sécrétion du venin des serpents, etc., celle de l'encre des seiches, de la pourpre, de quelques mollusques gastéropodes, et beaucoup d'autres encore dans toutes les classes d'animaux.

Il est très vraisemblable que c'est par l'intermédiaire du système nerveux que les émotions morales agissent, quand elles augmentent, diminuent ou suppriment une sécrétion : ces effets différents paraissent résulter de l'état de la contractilité dans les vaisseaux sanguins et dans les conduits excréteurs, qui peuvent être dilatés ou plus ou moins resserrés sur eux-mêmes, suivant l'*ordre d'influence nerveuse*. — L'étude détaillée du système nerveux, considéré dans ses rapports avec les actes de

(*) Voir ci-dessus (p. 234), et mon *Traité d'anat. et de physiol. du syst. nerv.* Paris, 1842, t. II, p. 164, 178, pour l'exposé de mes expériences à ce sujet.

(**) On raconte que les Indiens mettent à profit cette circonstance dans leurs enquêtes judiciaires. Pour découvrir le coupable au milieu de plusieurs individus, on donne à chacun une petite quantité de riz à garder dans la bouche pendant quelques minutes : celui-là est le coupable dont la bouche est la plus sèche à la fin de l'épreuve.

la vie végétative, et notamment avec les *sécrétions*, sera reprise, plus tard, dans une autre partie de cet ouvrage. Disons pourtant à l'avance que de cette étude il est résulté que deux influences nerveuses différentes sont transmises aussi bien aux parois contractiles des divisions vasculaires en général qu'au cœur lui-même, influences *excito-motrice et antagoniste* (ou positive et négative) desquelles dépend la contraction ou le relâchement forcé de ces parties (*).

La part que prennent à la sécrétion les systèmes vasculaire et nerveux étant ainsi faite, il nous reste à examiner quelle est celle de l'organe ou du tissu sécréteur lui-même. Les détails anatomiques dans lesquels nous sommes entré permettent, en dernière analyse, de considérer tout organe de sécrétion comme une membrane sur laquelle se ramifient des vaisseaux sanguins, ou plutôt comme une cellule vivant d'une vie propre et se nourrissant au moyen du plasma du sang. Mais cette cellule diffère des autres, de celles qui entrent dans la structure des autres organes, par cette circonstance que, son évolution une fois achevée, elle aboutit à une membrane tégumentaire pour être rejetée à sa surface. Tout follicule, toute glande proprement dite n'est, en réalité, qu'un diverticulum, un cæcum de la membrane d'enveloppe du corps (peau ou muqueuse), et les produits de sécrétion ne sont que l'exhalation sanguine qui s'opère à la surface de ces tissus, exhalation modifiée par l'activité propre des cellules représentant l'épiderme ou l'épithélium de ces dépendances tégumentaires.

Il existe, à la vérité, des membranes sécrétantes qui n'offrent pas les conditions que nous venons d'indiquer: telles sont, par exemple, les séreuses articulaires ou les séreuses splanchniques. Mais aussi on fait remarquer qu'elles présentent des phénomènes d'*exhalation* plutôt que de véritable sécrétion.

Lorsqu'on met à découvert, en un point quelconque du corps, un vaisseau capillaire, on voit aussitôt suinter un liquide analogue au sérum du sang, mais d'une composition chimique différente : c'est le *plasma sanguin*. Les capillaires, qui se ramifient sur la membrane sécrétante laissent de même suinter un liquide qui fournit l'élément principal de la sécrétion. Y a-t-il là un simple phénomène d'exosmose? Déjà nous avons dit, à propos de l'absorption (**), que les lois de l'endosmose ne rendaient pas compte, dans l'organisme vivant, de *tous* les cas où l'on voit un liquide traverser les tissus. Nous ne reviendrons pas ici sur les détails dans lesquels nous sommes déjà entré, et nous répéterons seulement qu'il y a assurément quelque chose de plus qu'un phénomène de cette nature dans l'issue du plasma du sang à travers les parois des vaisseaux, et dans les mystérieux effets qui en résultent.

Déjà modifié en sortant des tubes capillaires qui le contenaient, le plasma est absorbé par une cellule du tissu sécréteur qui le modifie davantage, et, en vertu de propriétés organiques, s'en assimile une partie et rejette une quantité équiva-

(*) Ainsi, par exemple, la galvanisation du bout périphérique de la *corde du tympan*, liée ou divisée, met les vaisseaux de la glande sous-maxillaire dans l'état de *relâchement* ou de dilatation paralytique, tandis que, si l'on galvanise les filets nerveux du grand sympathique qui se rendent à cette glande, les mêmes vaisseaux se resserrent, et cessent bientôt d'être perméables au sang. (Cl. Bernard.) — La galvanisation de la moelle allongée ou des nerfs pneumogastriques *arrête* les battements du cœur, qui tombe dans le *relâchement*, pendant que le même genre d'excitation appliquée à la portion cervicale du grand sympathique provoque la *contraction* ou le resserrement du cœur et accélère les battements de cet organe. (Ed. et E. H. Weber.)

(**) Voir ci-dessus, p. 401-403.

lente de sa substance propre : cette partie rejetée, différente dans les divers organes sécréteurs, constitue l'élément caractéristique de chaque sécrétion.

Dans l'acte de la digestion, l'aliment introduit dans l'économie y subit des transformations diverses; une partie est assimilée, une autre rejetée, et avec celle-ci sont expulsés des débris de l'organisme, des substances organiques qui ont accompli le cycle de leurs évolutions. Ce qui se passe dans ces circonstances, se passe aussi dans les cellules des organes sécréteurs : le plasma sanguin est l'aliment, la cellule en absorbe une portion, en rejette une autre plus ou moins modifiée et en même temps une partie d'elle-même dont la vie est accomplie. Et ce n'est pas une simple comparaison que nous faisons ici, car on sait que les infiniment petits dans l'échelle animale ne sont en dernière analyse qu'une cellule.

Mais pourquoi telle glande produit-elle une sécrétion plutôt qu'une autre ? On l'ignore, et nous nous abstiendrons, ayant démontré plus haut le peu de valeur des hypothèses anciennes, d'en émettre de nouvelles. — Qu'il y ait là des phénomènes de capillarité, de double décomposition, de catalyse ; que l'épaisseur et la perméabilité différentes des éléments du tissu glandulaire puissent avoir de l'influence sur la nature des produits sécrétés, c'est probable ; mais qu'il y ait encore autre chose, c'est certain. L'action sécrétante du tissu glandulaire cesse avec la vie, et il faut bien se résoudre à reconnaître, derrière les forces physiques et chimiques qu'elle met en jeu, une force inconnue qui préside à l'accomplissement de pareils phénomènes.

DES SÉCRÉTIONS EN PARTICULIER.

Les produits sécrétés dans l'économie animale sont des plus nombreux et des plus variés sous le triple rapport de leur nature, de leurs usages et de la texture intime des organes sécréteurs eux-mêmes.

Pour légitimer cette proposition, il suffit de rappeler dans une énumération rapide les sécrétions différentes, qui sont : — l'épiderme, le pigment cutané, les poils, les plumes, les ongles, les écailles, la corne, la matière sébacée, la sueur, produits de la peau ; — les dents et les fanons, sécrétions particulières à la muqueuse buccale ; — le mucus, la transpiration pulmonaire, le suc gastrique, le suc intestinal, ayant pour organe sécréteur le tégument interne ou muqueux ; — la cire et la soie des insectes, la civette, l'ambre gris, le castoréum, le musc, la pourpre, l'encre des seiches, le venin de certains serpents, des scorpions, des tarentules, etc., tous produits aussi différents par leurs propriétés que par leur destination et leur origine ; — les larmes, la salive, la bile, le suc pancréatique, l'urine, le lait, le sperme, provenant d'organes glandulaires dont les canaux excréteurs s'ouvrent à la surface cutanée ou muqueuse ; — certains produits dont la nature aussi bien que le rôle restent inconnus, et qui prendraient naissance dans les glandes vasculaires sanguines dépourvues des voies ordinaires d'excrétion ; — enfin, les sécrétions séreuses et synoviales, qui se rapprochent des produits précédents en ce sens que, comme eux, elles rentrent dans le torrent circulatoire au fur et à mesure qu'elles se forment.

Il serait superflu de faire remarquer combien ces deux derniers modes de sécrétion tendent à se confondre avec les actes de nutrition proprement dite.

Vouloir de nouveau chercher à classer tous les produits de sécrétions que nous

venons de rappeler, serait un effort sans résultat bien utile pour la science. Sachant déjà combien ont été imparfaits les différents essais de classification proposés jusqu'à présent, mettons-nous donc tout d'abord à étudier en détail, d'après un certain ordre d'affinité, les principales sécrétions de l'économie.

Parmi les fluides sécrétés, il en est deux, le *sperme* et le *lait*, qui diffèrent essentiellement de tous les autres par leur destination physiologique : ils sont en rapport avec la conservation de l'espèce, l'un servant à la fécondation, et l'autre à l'alimentation de toute une classe d'animaux vertébrés dans le premier âge de la vie. C'est par l'étude de la *sécrétion du lait* que nous commencerons l'histoire des sécrétions en particulier.

DES MAMELLES ET DE LA SÉCRÉTION DU LAIT.

I. — Les *mamelles*, organes glandulaires destinés à la sécrétion du *lait*, appartiennent généralement à la classe des glandes en grappe composées.

Elles diffèrent par leur position, — par la présence ou l'absence de mamelon, — par leur nombre, — par leur texture, qui peut offrir deux types principaux.

Situés à la partie supérieure et antérieure de la poitrine, dans l'espèce humaine, ces organes sont rudimentaires chez l'homme et très développés chez la femme adulte.

Afin d'être à la portée des petits, les mamelles, qui existent dans tous les ordres de la première classe des vertébrés, sont placées à la partie inférieure du thorax ou de l'abdomen (*). Pectorales, chez les singes, les chiroptères, les tardigrades ou paresseux, les cétacés herbivores et l'éléphant, elles sont abdominales, chez le rhinocéros, l'hippopotame, le tapir, etc., et inguinales chez les solipèdes et les ruminants. Elles peuvent être à la fois pectorales, abdominales et inguinales, comme cela s'observe notamment chez beaucoup de carnassiers et de rongeurs, qui offrent de nombreux mamelons (la chienne, la chatte, la lapine, etc.).

Dans les cétacés vrais, on les trouve profondément logées entre les muscles abdominaux et un muscle peaucier épais et large ; leur fond remonte jusque vers l'ombilic, et leurs deux orifices s'aperçoivent dans une dépression longitudinale située de chaque côté de l'ouverture de la vulve (1). — Les mamelles des marsupiaux sont renfermées dans une espèce de poche ou bourse sous-abdominale.

Dans la presque universalité des cas, sur la partie la plus saillante de la mamelle, existe un *mamelon* ou bout de sein. Il y a pourtant quelques exceptions qui méritent d'être signalées à cause des différences capitales qu'elles entraînent dans le mode d'allaitement des petits. Comme chacun le sait, le nouveau-né des mammifères ordinaires saisit le mamelon, fait le vide dans sa cavité buccale, et opère la succion du lait. Dans une série de mémoires du plus grand intérêt, Et. Geoffroy Saint-Hilaire (2) vint détruire l'erreur dans laquelle les naturalistes étaient restés, en admettant ce même mode d'allaitement pour les cétacés vrais, et il démontra que, chez ces derniers, le rôle du jeune est complétement passif. En effet, la mère ne possède pas de mamelon, de bout de sein ; celui-ci

(*) Le *Myopotamus coïpu* fait exception : ses mamelles sont dorsales.

(1) ÉT. GEOFFROY SAINT-HILAIRE, *Structure et usages des glandes mammaires des Cétacés* (*Mémoires présentés à l'Acad. des sc. de Paris* en 1833 et 1834).

(2) *Mém. cit.*

est remplacé par un véritable méat ou orifice inférieur du vaste réservoir qui succède à la glande elle-même. Tout l'appareil mammaire, enveloppé dans un fourreau charnu, se vide suivant la volonté de la mère qui lance le lait dans la bouche de son petit.

Les petits des marsupiaux, et, d'après Rapp, ceux des loris, seraient aussi allaités par injection et non par aspiration. Le mamelon ne fait pourtant pas complétement défaut dans ces espèces; mais, autour de leur glande mammaire, il existe également des plans musculeux qui, en se contractant, compriment cet organe et en font jaillir le contenu.

Le nombre des glandes mammaires, ou mieux des mamelons, est, en général, en rapport avec le nombre des petits que les femelles peuvent mettre bas. Il varie de deux (cheval, éléphant, etc.), à quatorze (agouti). — On a noté, chez la femme, des cas d'absence complète de mamelles, et l'on a vu aussi d'autres fois des seins surnuméraires dans l'espèce humaine (1). Une anomalie remarquable, la présence d'une mamelle surnuméraire dans la région inguinale, a été observée chez une fille, à Marseille, en 1816, par le docteur Robert (2). Dans l'observation il est dit que, cette fille étant devenue mère, « son enfant tetait tantôt la mamelle inguinale et tantôt l'une des thoraciques. »

La structure des mamelles présente deux types distincts. Généralement, nous l'avons dit, ces glandes appartiennent à la classe des *glandes en grappe composées*, et sont formées par des lobules et des canaux ramifiés que terminent des vésicules. Mais les monotrèmes (3) et les cétacés vrais (4) font exception à la règle : chez les premiers, la glande se compose de tubes en cæcum; des tubes analogues existent chez les seconds, seulement chacun d'eux est subdivisé ou arborescent.

Dans l'espèce humaine, un tissu adipeux abondant environne de toutes parts les glandes mammaires. Chacune d'elles se compose de quinze à vingt lobes irréguliers, aplatis ou pyriformes, mesurant de 2 à 4 centimètres de diamètre, et unis entre eux par un tissu cellulaire dense et non graisseux. Chaque lobe est formé de lobules secondaires, ceux-ci de lobules primitifs, constitués eux-mêmes par des vésicules glandulaires. Larges de $0^{mm},1$ à $0^{mm},15$, ces vésicules sont tapissées par des cellules susceptibles de subir certaines transformations au moment de la lactation, ou bien même de disparaître lors de l'activité de la glande, pour redevenir visibles lorsque cesse la sécrétion. De chaque lobule primitif naissent des conduits excréteurs, qui, se réunissant à ceux des lobules voisins, viennent constituer les *canaux galactophores* ou *lactifères*. Flexueux, extensibles, demi-transparents, ces canaux passent par le centre du mamelon, et, en général, au nombre de quatorze à vingt, s'ouvrent isolément à sa surface. Au-dessous de l'aréole, ils se dilatent en de petites ampoules allongées, de 5 à 9 millimètres de largeur (*sinus lactifères*). — Tous ces canaux excréteurs paraissent composés de fibres-cellules, disposées surtout circulairement, accompagnées de beaucoup de fibres élastiques ramifiées, peu anastomosées, et de fibres lamineuses (Ch. Robin). Dans les plus volumineux, selon Kölliker (5), on trouverait

(1) *Sur les femmes multimammes* (*Journal de méd.* de Corvisart, t. IX, p. 378).
(2) *Journal général de médecine*, t. VI, p. 57.
(3) Rich. Owen, *Philos. Transact.*, 1832.
(4) Baer, *Meckel's Archiv*, 1827, p. 569. — Rapp, *ibid.*, 1830.
(5) *Éléments d'histologie humaine*, trad. franç. Paris, 1856, p. 594.

des cellules cylindriques, tandis que des cellules polygonales formeraient le revêtement intérieur de ceux qui offrent un moindre calibre. Henle (1) pense avoir constaté l'existence de fibres musculaires longitudinales dans les parois des canaux galactophores. Nul doute que le *mamelon* et l'*aréole* ne présentent de nombreuses fibres musculaires lisses auxquelles ils doivent leur contractilité.—Autour des vésicules glandulaires, une fine injection laisse voir un réseau capillaire formé par les vaisseaux sanguins.

Avant de parler de la sécrétion propre aux mamelles, nous rappellerons sommairement les principaux caractères physiques et chimiques du produit de cette sécrétion, c'est-à-dire du lait (*).

II.—Le *lait* est un liquide d'un blanc opalin, plus ou moins opaque ; sa saveur est douce et sucrée. Les globules gras ou butyreux qu'il tient en suspension causent son opacité, qui est d'autant plus grande, sous une même épaisseur, que le nombre de ces globules est plus considérable : c'est en se basant sur cette observation et sur la proportionnalité existant entre les principes gras et les substances solides du lait, qu'a été institué un appareil destiné à mesurer approximativement la richesse plus ou moins grande de ce liquide en principes nutritifs. — Abandonné au repos, le lait se partage après un temps plus ou moins long en deux couches distinctes : l'une, supérieure, que l'on nomme *crème ;* l'autre, inférieure, qui est le *lait écrémé*. La première est essentiellement formée par les globules butyreux et par la dissolution de caséum et des principes solubles du lait interposés entre ces globules.

Il est bien avéré aujourd'hui que l'*alcalinité* du lait est constante dans l'état physiologique. Mais, peu de temps après son extraction, ce liquide présente une réaction acide due à la fermentation lactique qui s'opère en lui avec la plus grande facilité. Alors l'acidité du lait va sans cesse en croissant, jusqu'à ce qu'on le voie se coaguler : cette coagulation dépend de la réaction de l'acide lactique formé sur la caséine tenue en dissolution dans la partie séreuse.

La présence de l'air est indispensable à la production du ferment qui détermine la formation de l'acide lactique ; aussi peut-on conserver du lait pendant un temps fort long, sans qu'il s'altère, si l'on a la précaution de le soumettre tous les jours à l'ébullition.

Le lait réunit dans sa composition quatre ordres de substances : 1° des matières azotées dissoutes (caséine et albumine) ; 2° des principes gras tenus en suspension ; 3° une matière sucrée particulière; 4° enfin une quantité variable d'eau et de sels inorganiques.

Dans le lait se trouvent, par conséquent, tous les principes dont la réunion peut donner naissance à un *aliment complet*. Aussi ne doit-on pas s'étonner que ce liquide ait pu être considéré par W. Prout et beaucoup de physiologistes, comme l'*aliment type* ou *normal*. Dans les idées générales qu'il a émises sur l'alimentation, l'habile chimiste anglais, se rappelant que durant une certaine période le lait est la nourriture exclusive de l'homme et des mammifères et qu'il suffit au développement de l'organisme, a été amené à établir que tout régime

(1) *Anat. génér.*, trad. franç. de Jourdan, t. II.

(*) Voir, pour plus de détails sur le lait, le chapitre ALLAITEMENT, dans le tome II de cet ouvrage.

alimentaire doit participer plus ou moins de sa constitution : c'est-à-dire qu'indépendamment des phosphates, des chlorures et autres sels inorganiques, ce régime doit comprendre une substance azotée, un principe non azoté (corps gras ou féculent), pour équivaloir au caséum, au sucre et au beurre du lait.

Il n'est plus admis aujourd'hui que le lait soit absorbé directement par le nouveau-né. Il est, au contraire, reconnu que, préalablement à son absorption, il se coagule dans l'estomac du jeune mammifère. — Les recherches de Simon (1) à ce sujet tendent même à établir que l'estomac d'un mammifère, quel qu'il soit, ne saurait coaguler, d'une manière complète, que le lait de l'espèce à laquelle il appartient. Quant à cette coagulation, nul doute qu'elle n'ait d'abord pour but de rendre moins rapide le passage du lait dans le canal digestif, et de permettre ainsi aux éléments constituants et nutritifs de ce liquide d'être suffisamment élaborés ou transformés avant de passer dans les voies circulatoires.

III. — Connaissant les principes constitutifs du lait, il reste à rechercher quels sont ceux qui proviennent du sang, et ceux dont la formation est réservée à la glande mammaire elle-même.

L'eau, l'albumine et les sels sont certainement empruntés d'une manière directe au liquide sanguin.

Dans le lait de femme, l'*eau* varie généralement de 90 à 75 pour 100. Elle est en quantité d'autant plus considérable, que la sécrétion est plus abondante et que l'on est à une époque moins éloignée de la parturition. On a aussi remarqué que le lait du début de chaque traite, chez les animaux, contient moins d'eau que celui qu'on obtient vers la fin de cette opération.

L'*albumine* existe dans le lait, mais on l'y rencontre en proportion d'autant plus faible, que la sécrétion est de plus longue date. Le premier lait, ou colostrum, renferme beaucoup d'albumine, et la coagulation en masse de ce liquide, par la chaleur, y décèle facilement l'existence de ce principe immédiat. A une époque plus avancée, ce procédé ne donnant plus que des résultats incertains, il faut avoir recours à un autre : on ajoute, à froid, du sulfate de magnésie en excès dans du lait, de telle façon qu'il en résulte une sorte de pâte qu'on jette sur un filtre ; toute la caséine et le beurre seront retenus sur le filtre avec le sulfate de magnésie en excès, puis il filtrera un liquide limpide, débarrassé de la caséine et du beurre, mais qui contiendra de l'albumine et du sucre de lait. Par l'ébullition, on verra, en effet, se faire une coagulation qu'on n'aurait pas pu observer directement dans le lait (2).

Des phosphates, des sulfates, des carbonates, des chlorures, tous *sels* renfermés normalement dans le sang, sont aussi ceux que l'on rencontre dans le lait, où ils passent directement. Chez la femme, la proportion des substances salines peut varier de 0,15 à 0,25 pour 100.

Le phosphate de chaux, principalement, ainsi que l'avait remarqué Fourcroy, augmente dans le sérum du lait, dans les premiers temps qui suivent la parturition ; observation importante, et bien en rapport avec ce qu'on sait du rôle

(1) *Die Frauenmilch nach ihrem chemischen und physiologischen Verhalten dargestellt.* Berlin, 1838.

(2) CL. BERNARD, *Leçons sur les propriétés physiologiques et les altérations pathologiques des liquides de l'organisme.* Paris, 1859, t. II, p. 224.

essentiel que joue ce sel calcaire dans le phénomène de l'ossification. A une époque où les os de l'enfant ont déjà acquis une certaine consistance, on voit ce même sel diminuer notablement de proportion dans le lait de la nourrice.

L'albumine était abondante dans le colostrum, la *caséine* y entrait en quantité très minime. Dans le lait définitivement constitué, celle-ci devient au contraire prédominante et l'on ne retrouve plus qu'une faible proportion d'albumine ; d'où l'on a inféré que la caséine n'est qu'une modification de l'albumine du sang.

On sait que, d'après divers auteurs (1), la caséine se trouve normalement dans le sang des animaux en lactation. Suivant d'autres observateurs, cette prétendue caséine, signalée dans le liquide sanguin des vaches, mais qu'on retrouve aussi dans celui des taureaux, ne serait autre chose que de l'albumine, albumine dont la coagulation par la chaleur, il est vrai, n'aurait lieu qu'après l'addition d'une goutte d'acide acétique (caractère de la caséine), à cause de la réaction alcaline du sang. De plus, cette substance ne serait pas précipitée par le sulfate de magnésie, comme la caséine du lait.

Le *beurre*, ou la graisse du lait, est regardé comme provenant du travail propre à la glande mammaire, attendu que l'analyse du sang ne dénote point, dans ce dernier liquide, la présence de la butyrine. Il varie, dans le lait de femme, de 2,90 à 3,55 pour 100.

Quant au *sucre de lait*, qui fermente très difficilement, et qui, comme la glycose, réduit les sels de cuivre dans la potasse, il varie de 3,2 à 6,24 pour 100. La glycose étant la seule espèce de sucre que, jusqu'à présent, on soit parvenu à trouver dans le sang des animaux, il a pu paraître probable que le sucre de lait ou lactine ne prend aussi naissance que dans les glandes mammaires aux dépens de la glycose. Mais on ne saurait affirmer qu'il en est ainsi : les expériences, dirigées dans le but de constater l'absence absolue de la lactine dans les liquides de l'organisme et le sang en particulier, sont des plus délicates ; il est encore possible que, dans certains cas, elle ait été confondue avec la glycose, et c'est ainsi que Winckler annonce avoir extrait de la lactine en cristaux du blanc d'œuf, où d'autres observateurs n'avaient vu que de la glycose.

Toutefois, l'absence d'accumulation dans le sang de la caséine, du beurre et de la lactine, à la suite de l'ablation de la mamelle ou de la cessation de la sécrétion du lait, tend à établir que ces divers principes se forment ou s'élaborent dans les glandes mammaires.

IV. — Existe-t-il, dans les autres classes de vertébrés, quelque organe que l'on puisse rapprocher de la glande mammaire, quelque sécrétion analogue au lait ? « Chez les pigeons, il s'opère dans le jabot, dit John Hunter (2), après l'éclosion des œufs, une sécrétion abondante d'un *fluide laiteux* destiné à la nutrition des jeunes. Le petit pigeon, comme le petit quadrupède, est nourri, jusqu'à ce qu'il soit devenu capable de digérer l'aliment ordinaire de son espèce, par une substance qui est sécrétée par la femelle et par le mâle, et même plus abondamment par ce dernier.

(1) NATALIS GUILLOT et F. LEBLANC, *Compt. rend. de l'Acad. des sc. de Paris*, t. XXXI, p. 585. Les recherches de ces expérimentateurs ont été confirmées par celles de PANUM (*Ann. de chim. et de phys.*, 3ᵉ série, t. XXXVII, p. 237), et de MOLESCHOTT (*Journ. für prakt. Chem.*, t. LV, p. 237).

(2) *Œuvres complètes*, traduites de l'anglais sur l'édition de Palmer, par Richelot, t. IV, p. 194 et suiv.

« Pendant l'incubation, ajoute J. Hunter, les parois du jabot du pigeon s'élargissent et s'épaississent graduellement, comme il arrive pour les mamelles des femelles de la classe des mammifères au terme de la gestation utérine. Hors du temps de l'incubation, le jabot est mince et membraneux ; mais lorsque les petits sont sur le point d'éclore, la totalité de l'organe, à l'exception de la portion qui repose sur la trachée, devient plus épaisse, et revêt une apparence glanduleuse qui rend sa surface interne très irrégulière. Ses vaisseaux deviennent aussi beaucoup plus nombreux.

» Si l'on tue un pigeon adulte au moment de l'éclosion des petits, on constate facilement l'aspect décrit plus haut, et l'on trouve dans la cavité du jabot des fragments de *caillé blanc*. A mesure que le pigeon avance en âge, la sécrétion de la matière caillée dans le jabot des parents diminue, et cesse vers le huitième ou neuvième jour. »

Après cette description si minutieusement exacte, J. Hunter dit : « Il se pourrait bien que cette substance eût réellement plus de rapport que nous ne nous en doutons avec du *lait caillé.* »

Dans ces derniers temps, l'analyse chimique de cette substance, faite par Leconte (1), est venue confirmer son analogie avec le lait. Ce chimiste a trouvé, pour 100 parties : caséine et sels, 23,23 ; graisse analogue au beurre, 10,47 ; eau, 66,30. Comme l'avait indiqué Hunter, on ne trouve pas de sucre.

V. — Parmi les causes nombreuses qui influencent la sécrétion du lait, de toutes la plus puissante est sans contredit l'accouchement. A cette époque, la glande mammaire se développe d'une manière notable : son tissu devient plus mou, granuleux et lobulé ; de nouveaux culs-de-sac glandulaires poussent, bourgeonnent à l'extrémité des conduits galactophores ; les vaisseaux sanguins deviennent beaucoup plus nombreux, les vésicules renferment des cellules à divers états de développement et formant des couches superposées. On admet que dans ces cellules se préparent et s'accumulent les matériaux du lait ; qu'à un certain moment, elles se dissolvent dans le liquide alcalin en laissant échapper leur contenu, et que le lait en résulte. — Bientôt après la parturition, les seins se gonflent, et au deuxième ou troisième jour survient la fièvre de lait ; puis le liquide coule dès lors avec abondance, et si tout se passe comme dans l'état normal, la sécrétion se régularise pour continuer aussi longtemps que l'allaitement.

Bien que l'accouchement, ou au moins la conception, soit la condition presque indispensable pour que la sécrétion du lait s'opère dans les mamelles de la femme ou des femelles des animaux, on a néanmoins cité des exemples de filles *vierges lactifères* et ayant pu servir de nourrices ; de chiennes n'ayant jamais subi les approches du mâle et ayant allaité des petits étrangers, et même d'hommes et de mâles de mammifères ayant également rempli le rôle de nourrices. Joly et Filhol (2), dans leur important mémoire sur le lait, ont rassemblé plusieurs faits de ce genre, et tous dignes d'intérêt.

(1) Cité par CL. BERNARD dans ses *Leçons sur les liquides de l'organisme*. Paris, 1858, t. II, p. 236.

(2) *Recherches sur le lait* (extrait des *Mém. de l'Acad. roy. de méd. de Belgique*, t. III, Bruxelles, 1856). — Pour les exemples dont il s'agit, consultez aussi l'article MAMELLES du *Dictionnaire des sciences médicales*.

Parmi les exemples assez nombreux de sécrétion laiteuse abondante observés chez des jeunes filles vierges, un des plus remarquables est celui qu'a rapporté Baudelocque (1) : une petite fille, de huit ans, ayant souvent appliqué à son sein la bouche d'un très jeune enfant allaité par sa mère, eut bientôt assez de lait pour le nourrir elle-même pendant un mois, la mère ayant été obligée d'interrompre l'allaitement à cause de gerçures survenues aux mamelons.

Des femmes ayant eu ou non des enfants, et devenues très âgées, ont pu également allaiter des enfants. « On a fait venir du lait à des femmes déjà âgées en les tetant, dit Aristote (2), et même on en a vu avoir assez de lait par ce moyen pour nourrir un enfant. » Joly et Filhol (3) relatent l'histoire d'une femme qui, à l'âge de soixante et quinze ans, put allaiter son petit-fils, sans le secours d'aucun lait étranger.

Les mêmes auteurs rapportent avec détail un exemple de sécrétion laiteuse observée par eux chez une jeune femme accouchée depuis dix mois, et qui n'avait jamais nourri.

Buffon (4) nous a transmis l'histoire d'une chienne vierge qui put servir de nourrice à des petits qu'on lui donna. Joly et Filhol (5) ont eu eux-mêmes l'occasion d'observer un cas semblable. — « Auprès du mont Œta, dit Aristote (6), lorsque les chèvres n'ont pas reçu le mâle, on leur frotte les mamelles avec de l'ortie, assez fortement pour exciter de la douleur, et on les trait. La première liqueur est sanguinolente, ensuite il vient une espèce de pus, et enfin du lait qui ne le cède point à celui des chèvres qui ont été couvertes. »

Les mâles, soit dans l'espèce humaine, soit parmi les animaux, n'ont généralement point de lait ; cependant il y a quelques exemples contraires. On connaît, en effet, plusieurs cas de sécrétion laiteuse et même de lactation, observés sur des hommes. Nous rappellerons notamment celui du laboureur Francisco Lozano, dont parle Alexandre de Humboldt (7) : cet homme, âgé de trente-deux ans, a nourri son fils de son propre lait. « Nous avons vu, dit de Humboldt, le procès-verbal dressé sur les lieux pour constater ce fait remarquable. Les témoins oculaires vivent encore ; ils nous ont assuré que, pendant l'allaitement, le fils ne reçut aucune autre nourriture que le lait du père. »

Au rapport d'Aristote (8), il existait à Lemnos un bouc qui fournissait du lait en assez grande abondance pour faire des fromages. « On lui fit couvrir une femelle, et il en vint un bouc qui eut également du lait. Mais ces singularités, ajoute Aristote, sont regardées comme des présages : l'oracle ayant été consulté sur le bouc de Lemnos, le dieu répondit qu'il annonçait un accroissement de fortune. » — Dans ces dernières années, Isidore Geoffroy Saint-Hilaire a publié une notice sur un bouc lactifère, venant aussi de Lemnos, et que l'on a pu voir assez longtemps au Jardin des plantes de Paris. Quand cet animal, d'ailleurs très ardent en amour, était en rut, la sécrétion lactée disparaissait, pour reparaître bientôt après cette période passée. Il féconda plusieurs femelles et allaita lui-même un de ses petits.

(1) *Dictionn. des sc. méd.*, t. XXX, p. 386.
(2) *Histoire des animaux*, t. I, lib. III, p. 163, trad. de Camus, Paris, 1783.
(3) *Mém. cit.*
(4) *Histoire naturelle du chien*, additions.
(5) *Mémoire cité*, p. 45.
(6) *Ouvr. cit.*, t. I, p. 163.
(7) *Voyage aux régions équinoxiales du nouveau continent*, t. III, p. 58.
(8) *Loc. cit.*

La sécrétion du lait peut s'observer aussi chez les enfants nouveau-nés des deux sexes. — Jean Schmid (1), professeur de physique à Dantzig, raconte qu'il a été témoin d'un fait fort remarquable et très rare : « Une petite fille, à l'âge de quinze jours, a rendu par les mamelons une liqueur blanche, absolument semblable à du lait, et cet écoulement a continué à se faire pendant l'espace de huit jours. » Schmid ajoute qu'avant lui, deux auteurs seulement avaient observé un pareil phénomène : Cerdon (*Lib. de subt.*), chez un enfant d'un mois, et Joachim Camerarius (*De illustr. Norimb. med. exempl.*), chez une petite fille de trois mois.

Dans les *Adversaria anatomica* de Morgagni on lit ce passage : « Et chose que nous refusions de croire quand elle nous était autrefois affirmée par les matrones, nous avons pu exprimer par nos propres mains des mamelles des nouveau-nés, même des enfants de notre sexe, des gouttes d'un lait séreux ou de sérum, etc. »

Dans ces dernières années, cette question a été le sujet de recherches intéressantes dues à Natalis Guillot (2) et à Gubler (3). Ces auteurs ont d'abord nettement établi qu'au lieu de pouvoir être considéré comme exceptionnel, le phénomène de la sécrétion du lait chez les enfants nouveau-nés devait être regardé comme presque constant. En effet, sur 435 enfants soumis à l'examen de Gubler pendant les mois de mars, avril et mai 1854, cette sécrétion se rencontra à peu près chez tous.

Quelques dissidences existent entre ces deux observateurs, principalement sur la détermination de l'époque exacte à laquelle le lait apparaît dans la mamelle du jeune enfant. Selon Natalis Guillot, la sécrétion commencerait vers le huitième jour environ, consécutivement à la chute du cordon ombilical. Quant à Gubler, il conclut de ses observations, qu'au quatrième jour après la naissance (époque de la montée du lait chez la mère), la moitié à peu près des enfants de l'un et l'autre sexe offre déjà une sécrétion lactée très notable. Le nombre de ceux qui en sont pourvus s'accroîtrait graduellement les jours suivants, si bien que ceux qui en manqueraient encore le septième jour formeraient une très rare exception. — Sur soixante-cinq enfants, du neuvième au dixième jour un seul n'avait pas de lait. — A l'âge d'un mois, il est rare que la sécrétion lactée n'ait pas disparu complétement.

Les recherches de Natalis Guillot et les analyses de Quevenne ne laissent aucun doute sur la composition du liquide sécrété par la glande mammaire des nouveau-nés : d'après Quevenne, ce véritable lait présente une alcalinité constante, et beaucoup plus prononcée que chez les nourrices elles-mêmes.

En général, les règles sont suspendues pendant l'allaitement, et les nourrices menstruées sont réputées mauvaises. Cette opinion a été combattue dans ces derniers temps par Raciborski (4), qui affirme avoir constaté des caractères iden

(1) *Ephémérides de l'Acad. des cur. de la nature*, déc. 1677, obs. 86, dans la *Collecti[on] académique*. Dijon, 1755, t. III, p. 348.

(2) *De la sécrétion du lait chez les enfants nouveau-nés, et des accidents qui peuvent l'a[c]compagner* (*Arch. gén. de méd.*, nov. 1853).

(3) *Sur le retour de la sécrétion laiteuse après un sevrage prolongé* (*Union médical[e]*, janvier 1852), et *Mémoire sur la sécrétion et la composition du lait chez les enfants nouveau[x]-nés des deux sexes* (extrait de la *Gazette médicale de Paris*, 1856).

(4) *Influence de la menstruation sur la sécrétion du lait chez les nourrices* (*Journal [de] pharmacie*, t. IV, p. 142).

tiques entre le lait des nourrices placées dans ces deux conditions opposées. Ce liquide serait seulement un peu moins riche en crème, pendant la durée des menstrues que pendant leur intervalle. La présence des règles, au rapport de Becquerel et Vernois (1), augmente le poids des parties solides, et c'est le caséum surtout qui profite de cet excès.

D'après Simon (2), une nourriture grossière, mais suffisante, donne lieu à la production d'un lait identique avec celui que sécrète la femme nourrie des mets les plus succulents. Une nourriture chétive fait diminuer la proportion des parties butyreuses du lait; mais la quantité de caséine et celle du sucre, d'après cet auteur, ne diminuent pas plus dans ces conditions qu'elles n'augmentent sous l'influence d'un bon régime.

De ses recherches sur ce sujet Doyère (3) conclut que : « la proportion de la matière grasse dans le lait de femme semble être la principale et la plus importante richesse du lait, et celle qui influe le plus sur ses qualités nutritives. » A la suite d'une alimentation médiocre, les éléments du lait principalement atteints seraient le beurre et la caséine, au dire de Vernois et A. Becquerel (4). Dumas, Boussingault et Payen (5), pensent que lorsqu'une nourrice est privée d'aliments gras, elle fournit encore du lait, mais alors aux dépens de sa propre substance; aussi la voit-on bientôt maigrir. De leurs observations, Joly et Filhol (6) concluent que l'influence d'une alimentation abondante se réduit, chez la femme qui nourrit, à une production plus considérable de beurre.

Le mode d'influence des émotions morales sur toutes les sécrétions est encore un problème difficile à résoudre, mais cette influence est incontestable. Pour ce qui a particulièrement trait à la sécrétion des mamelles, qui ne connaît l'influence de la vue et même du souvenir de son nourrisson, sur la sécrétion laiteuse de la mère? — Il est fréquent de voir survenir une diminution, quelquefois une suppression complète du lait, chez une mère dont l'enfant est malade et exposé à mourir. Sous l'influence de ce genre d'émotion ou bien encore d'une vive frayeur, le lait peut non-seulement diminuer de quantité, mais devenir plus séreux, et contracter des propriétés nuisibles qui, bien qu'échappant encore à nos analyses, ne s'en révèlent pas moins par les troubles qu'elles apportent dans la santé de l'enfant.

D'autres fois, au contraire, et sans cause appréciable, la quantité de lait peut être considérablement augmentée, et alors on dit que la femme est atteinte de *galactorrhée*. Noël Guéneau de Mussy (7) a relaté l'observation d'une femme qui, ayant cessé d'allaiter depuis quelque temps, perdait sept litres de lait par jour. Ce flux exagéré s'accompagna d'amaigrissement, de décoloration des tissus, de faiblesse musculaire et d'épuisement général : la malade finit néanmoins par guérir. Dans les *Éphémérides des curieux de la nature* (2e décade, ann. 2, p. 99), on trouve l'observation d'une femme enceinte, qui, dans le cinquième mois de sa grossesse, fut prise d'un flux laiteux d'une livre et demie par jour. Sous

(1) *Du lait chez la femme dans l'état de santé et de maladie.* Paris, 1853, p. 45.
(2) *Ouvr. cit.*
(3) *Annales de l'Institut agronomique*, juin 1852.
(4) *Loc. cit.*
(5) *Annales de chimie et de physique*, 1843, t. VIII, p. 78.
(6) *Mémoire cité*, p. 34.
(7) *Arch. gén. de méd.*, juin 1856, 5e série, t. VII, p. 641.

l'influence d'un traitement approprié, cette quantité se réduisit à une demi-livre et la femme accoucha à terme. Tissot (1) rapporte deux exemples de galactorrhée chez des femmes qui n'avaient pas nourri. Du reste, les cas de galactorrhé ne sont pas absolument rares dans l'espèce humaine (*).

VI. — Des substances introduites accidentellement dans le sang peuvent-elle passer dans le lait? — Des opinions très diverses ont été émises à ce sujet. L raison de ces dissidences paraît tenir à ce que l'on n'a pas toujours agi dans le mêmes conditions, à ce que les expériences n'ont pas porté identiquement sur le mêmes composés, comme cela est arrivé pour le mercure, par exemple. Pendan que Simon (2) se refuse absolument à admettre le passage du mercure dans l lait, Cullerier pense qu'il peut avoir lieu, mais en si petite quantité, qu'il serai illusoire de compter sur son action thérapeutique. Péligot a retrouvé l'iodure d potassium dans le lait d'une ânesse qui avait pris 30 grammes de ce sel en cin jours; tandis que Simon n'a pu retrouver ce même composé dans le lait d'un femme à laquelle il en avait administré une assez forte dose.

Plus récemment, Dumesnil et Labourdette (3), ayant administré l'iode et diver iodures à des vaches, dans le but d'avoir du lait iodé, virent d'abord ces animau périr dans le marasme. Toutefois, après de nombreux essais, ils arrivèrent à mieu régler la dose de l'iode sur la quantité de lait sécrété en vingt-quatre heures, e les animaux survécurent. Le lait ainsi obtenu contenait, au maximum, 257 milligrammes de composé iodique par litre.

Liebig (4) admet formellement le passage du chlorure de sodium et de l'iodur de potassium dans le lait des nourrices. Péligot a retrouvé le chlorure de sodiun dans le lait d'une ânesse. Le bicarbonate de soude, administré pendant six jours rendait alcalin le lait habituellement acide de ce même animal. Enfin, dans leur expériences, Ossian Henry et A. Chevallier (5) ont pu constater, dans le lait d vache, la présence en quantité considérable du chlorure de sodium; puis, en proportion moindre, le carbonate de soude, le sulfate de soude, etc.

On a aussi reconnu le passage dans le lait de certaines matières colorantes e odorantes.

VII. — On sait peu de chose au sujet de l'influence du système nerveux su la sécrétion et l'excrétion lactées. Chez des chèvres, auxquelles avaient été coupé les nerfs inguinaux et lombaires, il n'y eut pas de diminution sensible dans l proportion du lait sécrété. On n'observa pas non plus d'incontinence laiteuse à l suite de la section des nerfs de la mamelle (Eckhardt) : on aurait pu néanmoin s'attendre à la paralysie de cet appareil moteur, sorte de sphincter qui se trouv

(1) *Œuvres complètes*, t. VIII, p. 136, édit. de Hallé.

(*) Consultez à ce sujet : *Elementa physiologiæ* de HALLER, t. VII, lib. XXVIII, pars 2, p. 24 — *Prælectiones academicæ* de BOERHAAVE, t. III, p. 303, § 380, édit. de Haller. — GREEN *British and Foreing Review*, t. XX. — HANCK, *Wochenschrift*, etc., 1836. — AMELUNG, *Journa de Hufeland*, 1828. — NAUMANN, *Handbuch*, etc., 1838.

J'emprunte ces diverses indications à l'intéressant mémoire de N. GUÉNEAU DE MUSSY (*loc. cit.*)

(2) *Ouvr. cit.*, p. 78.

(3) *Mémoire sur le passage de l'iode, par assimilation digestive, dans le lait de quelque mammifères* (Séance de l'Académie de médecine, 6 mai 1856).

(4) *Traité de chimie organique*, t. III, p. 246.

(5) *Memoire sur le lait, ses modifications, ses altérations* (*Journal de chim. méd., de pharm. et de toxicol.*, 1839).

dans le pis de beaucoup de femelles, et à l'aide duquel il leur est possible de suspendre parfois volontairement l'écoulement de leur lait.

DE LA SÉCRÉTION DU SPERME.

Le *sperme*, considéré au point de vue de sa sécrétion, de ses propriétés physiques et chimiques, du développement et des usages des spermatozoïdes, ne nous occupera que plus tard, quand nous aurons à étudier, dans le chapitre consacré à la *Génération*, les éléments de la reproduction dans les deux sexes. Cette étude sera d'ailleurs faite avec tous les développements que comporte un aussi intéressant sujet.

DU FOIE ET DE SES FONCTIONS.

I. — Le foie se présente chez tous les *vertébrés* (excepté le dernier ordre des poissons) (*), sous la forme d'un organe glandulaire isolé, distinct des parois du tube digestif, et ne communiquant le plus généralement avec la cavité intestinale que par un conduit excréteur unique. Sa structure toute spéciale se rapporte aussi dans les différentes classes à un même type, quelles que soient du reste ses variétés de forme et d'aspect extérieur.

Une enveloppe cellulo-fibreuse, plus ou moins résistante (capsule de Glisson), enferme et soutient la substance propre du foie ou *parenchyme hépatique*. Une veine afférente, la *veine porte*, conduit à cet organe tout le sang veineux du système intestinal, et quelquefois aussi des parties postérieures du tronc et des membres (oiseaux, reptiles, poissons). Circulant dans les réseaux capillaires dont les mailles embrassent en tous sens la substance hépatique, le sang entre en contact intime avec elle, et sort enfin au pôle opposé par les *veines sus-hépatiques* (veines efférentes), qui l'amènent à la veine cave et au cœur.

Tandis que les veines sus-hépatiques sont isolées à leur sortie du foie, aussi bien que dans toute l'étendue de leur trajet jusqu'à leurs dernières divisions, la veine porte et ses branches, jusqu'à leur terminaison dans le réseau capillaire, sont partout accompagnées par des organes satellites qui pénètrent dans le foie ou en sortent en même temps que ce tronc veineux afférent. Ces organes sont : l'artère hépatique, les nerfs du plexus hépatique, les vaisseaux lymphatiques et les conduits biliaires. La veine porte et ses satellites sont soutenus jusqu'à leurs divisions terminales par les cloisons de plus en plus délicates de la capsule de Glisson, qui les isolent du parenchyme hépatique. Au contraire, celui-ci est partout en contact intime et immédiat avec les canaux vasculaires qui constituent le système des veines sus-hépatiques.

Chez certains animaux (porcs, ours, etc.), les précédentes cloisons cellulo-fibreuses divisent la masse du foie, d'une manière très nette et très régulière, en petits *îlots* ou *lobules* polyédriques de 1 à 2 millimètres de diamètre, en forme de pyramides ou de cônes.

Kiernan, à qui l'on doit les premières notions exactes sur la structure du foie (1), et J. Müller (2) après lui, ont mis en lumière ce fait important, à savoir :

(*) Les branchiostomes.

(1) *Anatomy and Physiology of the Liver* (*Philos. Trans.*, 1833, p. 711.)

(2) *De glandul. secern. struct.*, — et *Manuel de physiologie*, trad. Jourdan, t. I, p. 349.

que les bases de tous ces petits cônes sont intimement appliquées sur les parois de veines sus-hépatiques. Les lobules semblent appendus à ces canaux vasculaire de la même façon que les lobules des autres glandes à leurs canaux excréteurs Mais ici, c'est une veinule (*veine intra-lobulaire*) qui occupe l'axe du lobule, e l'attache, par un court pédicule, à la veine hépatique dans laquelle elle s'abouch (*veine sublobulaire*).

A la périphérie du lobule, dans l'épaisseur des cloisons qui le circonscrivent se répandent les divisions de la veine porte et de ses satellites; les principale correspondent aux angles de jonction des lobules, et sont communes à plusieur d'entre eux, de telle façon que, par exemple, les veines qui se répandent à la surface de chaque lobule (*veines interlobulaires*) résultent des anastomoses de plusieurs (quatre ou cinq) branches de la veine porte, et correspondent au tronc unique de la veine intra-lobulaire avec lequel elles communiquent par le *réseau capillaire* du lobule.

Ce réseau capillaire, qui reçoit le sang de la veine porte, et aussi, à l'aide de quelques ramuscules assez grêles, celui de l'artère hépatique, constitue, avec les éléments du parenchyme hépatique, la substance propre des lobules. C'est aux recherches de J.-H. Weber (1) et de Krükenberg (2) qu'on doit la connaissance de la disposition de ces capillaires et de leurs rapports avec les autres éléments du lobule. Les vaisseaux ont en moyenne $0^{mm},01$ de diamètre, et la largeur des mailles est à peu près double du diamètre des vaisseaux ($0^{mm},02$).

Les aréoles, circonscrites par ces trabécules vasculaires, sont entièrement remplies par le parenchyme hépatique. Celui-ci est constitué essentiellement par les cellules hépatiques ; grandes cellules de $0^{mm},015$ à $0^{mm},02$ en moyenne, dont deux ou trois au plus suffisent à combler l'intervalle que laissent entre eux les capillaires du réseau. Ces cellules sont irrégulièrement polyédriques ou arrondies; leur membrane d'enveloppe, mince et délicate, enferme un contenu finement granuleux, au milieu duquel on rencontre, en proportion variable, des gouttelettes graisseuses et des granulations colorées en jaune. On aperçoit dans l'intérieur des cellules un gros noyau arrondi, vésiculeux, de $0^{mm},08$ de diamètre, pourvu d'un nucléole. Il n'est pas rare de rencontrer des cellules munies de deux et même quelquefois de trois noyaux.

Ces cellules, dont Dutrochet (3), Purkinje (4) et Henle (5) ont les premiers signalé l'existence, présentent une disposition remarquable. Elles sont rangées en séries qui rayonnent, quelquefois très régulièrement, du centre vers la périphérie du lobule; les cellules d'une même série sont assez intimement unies les unes aux autres, et constituent par leur groupement des espèces de trabécules pleines. Celles-ci s'anastomosent entre elles et forment un réseau solide. La masse du lobule résulte de la pénétration réciproque de ce réseau et du réseau vasculaire, qui s'enchevêtrent exactement sans laisser aucun vide, aucun intervalle entre leurs éléments.

Les faits qui précèdent sont admis aujourd'hui par tous les observateurs compétents. Il n'y a guère de contestations que relativement à la délimitation des lobules. Ceux-ci, très nettement distincts dans les espèces que nous avons prises

(1) *Ueber den feineren Bau der menschlichen Leber* (MÜLLER'S *Arch.*, 1843).
(2) *Idem* (MÜLLER'S *Arch.*, 1843.)
(3) *Mémoire pour servir à l'histoire naturelle des végétaux et des animaux*, t. II, p. 469.
(4) *Bericht über die Versamml. der Naturf.*, in *Prag im Jahre* 1837.
(5) MÜLLER'S *Archiv*, 1838.

pour type de notre description (*porc*, *ours*, *lapin*), sont, presque partout ailleurs, confondus en grande partie par de fréquentes anastomoses des trabécules hépatiques et des capillaires d'un lobule à l'autre. C'est là un accident tout à fait secondaire résultant du plus ou moins de développement de l'enveloppe fibreuse, et qui ne modifie que l'aspect extérieur sans rien changer à la constitution intime de l'organe.

Mais il est un point, auquel nous n'avons pas touché, qui a suscité et qui suscite encore de nombreuses controverses: c'est celui qui concerne les rapports des conduits biliaires avec les lobules et leurs connexions avec le parenchyme des cellules hépatiques.

Les conduits biliaires, partout satellites des branches de la veine porte, arrivent avec elles dans les espaces interlobulaires; là ils se partagent comme elles entre plusieurs lobules voisins, et aussi de manière qu'à un même lobule correspondent les divisions de plusieurs conduits biliaires. Les injections pénétrantes remplissent assez facilement ces canaux interlobulaires, et permettent de suivre leurs divisions et leurs anastomoses. On distingue même encore, à l'aide de ce moyen, de courts ramuscules de $0^{mm},02$ de diamètre, qui s'en détachent et se dirigent vers la surface du lobule; mais là, la lumière de ces canalicules disparaît complétement, et leur mode de connexion avec les trabécules cellulaires du lobule est impossible à saisir nettement. Les observateurs se sont généralement laissé guider, dans leur interprétation des faits, par des idées préconçues, par une analogie de structure qu'il leur fallait trouver, quand même, entre le foie et les autres glandes. Geddings, Krause, J. Müller, crurent voir dans la substance propre des lobules les terminaisons en cæcum des dernières ramifications des conduits biliaires. Kiernan, Weber, Krükenberg, se fondant surtout sur des résultats d'injections, n'y virent au contraire que des canalicules biliaires capillaires, anastomosés en réseaux et logés dans les mailles vasculaires des lobules.

Mais l'observation directe montrant qu'il n'existe dans l'épaisseur des lobules, au milieu de la masse solide des cellules hépatiques, d'autres canaux perméables que les capillaires sanguins, on chercha à concilier ce fait avec l'existence d'un réseau biliaire sécréteur, en admettant que la lumière des conduits biliaires disparaissait à leur entrée dans les lobules, et que les cellules hépatiques remplissaient complétement les tubes anastomosés. La disposition en séries des cellules hépatiques et les anastomoses des trabécules cellulaires semblaient en harmonie avec cette idée, et Retzius (1) l'appuyait surtout sur l'existence d'une mince membrane d'enveloppe, analogue à la tunique propre des glandes, autour des séries cellulaires.

Lionel Beale (2), dans un important travail sur la structure du foie, s'est efforcé dans ces dernières années d'étayer l'opinion précédente sur de nouveaux faits; et, par des procédés d'injection très délicats, il croit être parvenu à mettre hors de doute la continuité des conduits biliaires interlobulaires avec le réseau des canalicules intra-lobulaires (*trabécules cellulaires*), ainsi que l'existence de la membrane propre qui entoure et maintient les séries de cellules.

Cependant d'autres observateurs, notamment Handfield Jones (3) et Köl-

(1) MÜLLER'S *Archiv*, 1851, p. 567.
(2) *The Anatomy of the Liver*. In-8, London, 1857.
(3) *Philos. Trans.*, 1846 et 1849.

liker (1), n'admettant pas l'existence de cette membrane, soutiennent que les cellules des trabécules sont en contact immédiat avec la paroi des capillaires; que les conduits biliaires s'arrêtent à la surface du lobule, et s'y terminent par une extrémité fermée en cæcum (H. Jones), ou peut-être ouverte et appliquée directement sur les réseaux de cellules hépatiques (Kölliker).

Les résultats des recherches de Reichert (2) et de Leydig (3) nous semblent se rapprocher le plus de la vérité, et concilier les faits positifs sur lesquels s'appuient les opinions précédentes. Ces auteurs reconnaissent que les conduits biliaires munis d'une cavité centrale s'arrêtent à la périphérie des lobules, et que les séries de cellules ne sont pas enfermées dans un système de tubes membraneux anastomosés en réseau; mais ils reconnaissent aussi l'existence de cloisons membraneuses séparant et maintenant les trabécules cellulaires. Seulement, pour eux, ces lames membraneuses sont des dépendances des cloisons interlobulaires, circonscrivant des aréoles caverneuses. Les vaisseaux capillaires correspondent aux parois de ces aréoles, dont les cellules hépatiques remplissent la cavité. La tunique propre des conduits biliaires se continue avec la charpente caverneuse du lobule.

Quoi qu'il en soit, il ressort évidemment de tous ces faits que le système des conduits biliaires, caractérisés par l'existence d'une cavité perméable et par une structure propre, a pour limite la périphérie des lobules hépatiques.

Ces conduits forment réellement un réseau anastomotique dans les espaces interlobulaires; mais ils se réunissent ensuite en rameaux de plus en plus volumineux, toujours satellites de la veine porte, et n'émettent plus que de rares anastomoses, si ce n'est pourtant dans la scissure transverse, où il en existe assez souvent entre les branches droite et gauche du conduit hépatique.

Les conduits biliaires consistent en une tunique fibreuse d'enveloppe, dans l'épaisseur de laquelle on observe quelques rares faisceaux musculaires lisses, seulement au niveau des conduits *hépatique* et *cystique*. Cette tunique fibreuse est revêtue d'un épithélium à cellules cylindriques de $0^{mm},02$ d'épaisseur, qui se transforme en épithélium pavimenteux dans les fins conduits qui ont moins de $0^{mm},1$ de diamètre. Ces cellules pavimenteuses qui tapissent les conduits interlobulaires n'ont pas plus de $0^{mm},01$ de diamètre, et se distinguent facilement des cellules du parenchyme hépatique.

La muqueuse de la vésicule biliaire est revêtue d'un épithélium cylindrique dont les cellules, colorées par la bile, manquent généralement de noyau. Indépendamment de sa tunique fibreuse, ce réservoir possède aussi une mince couche musculeuse, dont les faisceaux anastomosés en réseaux à larges mailles ne présentent pas de noyaux distincts.

Dans l'épaisseur des parois des canaux biliaires, depuis le canal cholédoque jusqu'aux divisions du canal hépatique, qui n'ont pas plus de $0^{mm},7$ de diamètre, on rencontre de petites glandes en grappe, dont les orifices très rapprochés donnent à la muqueuse de ces conduits une apparence réticulée.

Ces glandes, dont l'existence avait été signalée déjà par Kiernan (4), ont été depuis décrites et figurées avec soin par C. Wedl (5) et par L. Beale (6). C'est à tort

(1) *Éléments d'histologie humaine*, p. 475.
(2) Müller's *Archiv*, 1854.
(3) *Lehrbuch der Histologie*, 1859.
(4) *Philos. Trans.*, 1833.
(5) *Ueber die traubenförmigen Gallengangdrüsen. Sitz. der. Wien. Acad.*, 1850.
(6) *Lectures on Minute Anat. of the Liver, at King's College*, 1855 (*Medical Times*, 1856).

qu'on a récemment présenté leur existence comme une particularité caractéristique des voies biliaires, et sans analogue dans aucun autre organe glanduleux de l'économie. On sait en effet que des glandes en grappe, tout à fait analogues à celles des voies biliaires, s'ouvrent à la surface de la muqueuse du conduit pancréatique et de ses principales divisions.

On a attribué à ces glandes la fonction de sécréter le mucus biliaire. Beale ne veut y voir que des diverticules où la bile peut pénétrer et séjourner comme dans la vésicule biliaire.

L'artère hépatique les revêt à l'intérieur d'un riche réseau capillaire, dont les vaisseaux efférents vont se jeter dans les veines circumlobulaires; les cellules des *acini* se rapprochent, pour la forme, de celles des glandes muqueuses, et ne peuvent, en aucune façon, être confondues avec les cellules hépatiques (*).

Au système des conduits biliaires se rattachent encore les *vasa aberrantia*, indiqués pour la première fois par Ferrein, puis décrits avec plus d'exactitude par Kiernan et J. H. Weber. Theile les considère comme des glandes des canaux biliaires. Ce sont en réalité des conduits biliaires anastomosés qu'on observe isolés de toute substance hépatique, dans les ligaments triangulaires du foie, dans la fossette de la veine ombilicale, dans la scissure transverse où ils font communiquer la branche droite et la branche gauche du conduit hépatique. Les régions mêmes où l'on rencontre ces *vasa aberrantia* indiquent suffisamment que leur présence est due à un arrêt de développement ou à une atrophie du parenchyme hépatique des lobules, qui a épargné le système des conduits biliaires. Beale prétend avoir observé, sur le foie du cheval, tous les degrés de cette atrophie. Il est certain que, chez le fœtus, les *vasa aberrantia* sont plus rares que chez l'adulte.

Les voies biliaires présentent quelques dispositions spéciales dans les différentes classes de vertébrés : chez tous, elles versent la bile dans le duodénum, généralement assez près du pylore, excepté chez les oiseaux où les conduits biliaires s'ouvrent à l'extrémité de l'anse duodénale.

Il n'existe pas toujours un réservoir particulier pour la bile. L'absence de vésicule est assez commune chez les mammifères : elle manque chez le marsouin et le dauphin ; chez tous les pachydermes, à l'exception du *porc ;* dans plusieurs genres de ruminants (*Cervus*, *Camelus*) ; chez quelques rongeurs ; chez l'aï, parmi les tardigrades. Au contraire, elle existe chez tous les carnassiers, et Cuvier a cru pouvoir conclure de là que la présence de ce réservoir était surtout liée à des interruptions prolongées de l'acte digestif. Mais si le cheval, qui mange tout le jour, est privé de vésicule biliaire, le bœuf, qui rumine même la nuit, n'est pas dépourvu de ce réservoir.

Quelques oiseaux n'ont pas de vésicule. — Chez les reptiles, on ne compte guère que deux ou trois espèces qui en soient dépourvues. — Elle ne fait défaut, dans la classe si nombreuse des poissons, que chez les *lamproies*, le *Scomber leuciscus*, le *Labrus turdus*.

Tantôt la vésicule n'est qu'un diverticulum annexé au conduit excréteur principal ; tantôt, au contraire, c'est un véritable réservoir qui reçoit des conduits spéciaux (*hépato-cystiques*), et qui même, chez les oiseaux, communique avec l'in-

(*) Wedl a observé les glandes en grappe des conduits biliaires, non-seulement chez l'homme, mais aussi chez le cheval, le chien, le porc, le mouton. Ces glandes existent également chez les marsupiaux. On ne les a pas rencontrées chez les oiseaux, mais on a constaté leur présence dans les conduits biliaires des poissons cartilagineux (raies et chimères).

testin par un canal cystique distinct et isolé, jusqu'à son abouchement, du canal hépatique direct.

Nous avons déjà dit que la veine porte hépatique reçoit, chez les poissons, les reptiles et les oiseaux, non-seulement les veines de l'appareil digestif, mais aussi des veines émanées des parois postérieures du tronc, des membres postérieurs et même des organes génitaux. Les communications directes que l'on a signalées entre la *veine porte* et la *veine cave*, et auxquelles on a voulu assigner un rôle physiologique spécial, ne peuvent être démontrées que très exceptionnellement chez les grands animaux. Elles ne doivent être considérées, lorsqu'elles existent, que comme résultant d'anastomoses des *vasa vasorum* de la veine cave avec des branches de la veine porte.

Les valvules manquent dans le système des canaux de la veine porte et dans celui des veines sus-hépatiques. Dans les parois de ces dernières veines, on trouve des faisceaux musculaires longitudinaux très développés, surtout au niveau du confluent des veines sus-hépatiques et de leur abouchement dans la veine cave.

Les lymphatiques du foie forment un réseau superficiel sous-péritonéal qui communique avec le système des vaisseaux lymphatiques profonds, satellites de la veine porte ; ce dernier a pour origine les réseaux lymphatiques interlobulaires. Les vaisseaux lymphatiques superficiels de la surface convexe du foie, et une partie des profonds qui accompagnent les veines sus-hépatiques, traversent le diaphragme et vont se jeter dans les ganglions thoraciques ; les lymphatiques superficiels de la face concave, et les profonds, satellites de la veine porte, se jettent dans les ganglions sus-aortiques au-dessus du pancréas.

Les nerfs du foie proviennent du plexus hépatique du grand sympathique, auquel viennent se joindre quelques rameaux émanés du pneumogastrique gauche, et aussi du pneumogastrique droit chez quelques animaux.

Blandin et quelques autres anatomistes ont avancé que les nerfs phréniques fournissaient des rameaux au foie. Ch. Rouget (1) a montré que ces filets émanés de la branche postérieure du nerf phrénique droit ne font en réalité que traverser le parenchyme hépatique pour se terminer dans les parois musculaires des veines cave et sus-hépatiques.

Bien que, chez tous les vertébrés, la structure du foie soit, comme nous l'avons dit, conforme à un même type, cet organe ne présente pourtant pas toujours la même apparence. Dans la même espèce, on observe tantôt une coloration rouge-brun uniforme, tantôt une mosaïque assez régulière de taches jaunes et rouges, qui avait fait admettre à d'anciens anatomistes deux substances différentes, l'une corticale, l'autre médullaire. Ces variétés d'aspect ne dépendent que de l'état de réplétion ou de vacuité du système vasculaire sanguin des lobules. La coloration blanc jaunâtre du parenchyme hépatique, masquée lorsque tous les vaisseaux sont remplis de sang, devient apparente dans les parties exsangues.

Nous avons déjà fait observer que, selon le plus ou moins de développement des cloisons interlobulaires de l'enveloppe cellulo-fibreuse, les lobules étaient plus ou moins distincts ; que dans beaucoup d'espèces animales, et aussi chez l'homme en particulier, ils étaient en grande partie confondus. Les capillaires et les trabécules

(1) *Le diaphragme chez les mammifères, les oiseaux et les reptiles* (*Mém. de la Soc. de biologie*, 1851).

s'anastomosent en beaucoup de points d'un lobule à l'autre; aussi a-t-on nié, dans ces espèces, l'existence des cloisons celluleuses des lobules. Mais, ces lames homogènes anhistes, que leur délicatesse et leur transparence rendent difficiles à observer à l'état normal, deviennent très apparentes quand elles s'hypertrophient, comme dans la cirrhose.

Dans la classe des oiseaux, le canevas celluleux du foie est généralement très délicat et très peu apparent. Il est, au contraire, très développé chez les batraciens et les poissons; et c'est chez eux qu'on observe le plus nettement la disposition des aréoles caverneuses ou loges des trabécules cellulaires, dont les parois sont formées par ces membranes de tissu conjonctif homogène à noyaux, que certains observateurs (notamment Retzius et L. Beale) ont considérées comme la tunique propre des canalicules biliaires sécréteurs.

Les cellules hépatiques elles-mêmes n'ont pas toujours la même apparence: leur aspect varie avec leur contenu. Nous avons dit que celui-ci était constitué, chez les mammifères, par de fines granulations moléculaires, par quelques granulations jaunâtres plus volumineuses, et assez souvent par des globules huileux. Ces derniers, très nombreux et volumineux dans quelques cas, peuvent manquer complétement dans d'autres. Ce dernier cas se montre le plus fréquemment chez les oiseaux, bien que certaines conditions spéciales d'alimentation puissent amener, chez eux, l'envahissement et la distension des cellules hépatiques par des globules graisseux qui les remplissent entièrement.

Chez les amphibiens et les poissons surtout, les cellules hépatiques sont le plus souvent, à l'état normal, tellement remplies de globules huileux, que le noyau lui-même est invisible, et qu'on croirait n'avoir sous les yeux que des vésicules adipeuses. C'est en particulier le cas des *plagiostomes* et des *chimères*. On l'observe également chez des mammifères à l'état embryonnaire, ou peu de temps après la naissance. Il existe aussi, dans le foie des poissons et des batraciens, des amas de pigment disséminés entre les cellules hépatiques.

Quelques observateurs, guidés par des idées préconçues, ont cru, dans ces derniers temps, constater dans le foie normal la présence de *granulations amylacées*. Pour ce qui est des grains d'amidon que Carter (1) a trouvés dans le foie, comme dans la plupart des organes, Ch. Rouget (2) a démontré qu'ils sont étrangers aux tissus animaux, et que leur présence est tout à fait accidentelle. Schiff (3) a attaché une grande importance à la présence dans les cellules hépatiques de granulations sphériques se colorant en brun par l'iode, qui se rencontrent chez tous les vertébrés dont le foie renferme une substance glycogène. Ces granulations, plus ou moins abondantes, suivant que le foie fournit plus ou moins de sucre, constitueraient la substance glycogène elle-même, renfermée sous cette forme dans les cellules hépatiques. D'autres fois, d'après le même physiologiste, on verrait dans les cellules hépatiques des espaces clairs, transparents, légèrement jaunâtres, remplis par une matière sirupeuse, qui ne serait autre chose que de la *dextrine liquide*, état intermédiaire par lequel passeraient les matières glycogènes solides avant de se transformer en sucre. Mais ces observations de Schiff

(1) Carter, *On Starch as a Constituant of Animal Organisation* (*Edinburgh Medic. Journ.*, 1858.)

(2) Ch. Rouget, *Des substances amyloïdes*, etc. (*Journal de physiologie de l'homme et des animaux*, avril 1859, p. 87).

(3) Schiff, *Untersuchungen über Zuckerbildung in der Leber*, etc., 1859.

n'ont pas été généralement confirmées. Il résulte des recherches de Ch. Rouget (1) que la matière glycogène (*zoamyline*) existe à l'état de plasma homogène demi-liquide dans les cellules épithéliales ou dans les faisceaux musculaires des fœtus de mammifères ; qu'elle ne prend l'aspect granuleux que sous l'influence des réactifs ou de la chaleur, et que, dans les cellules hépatiques des vertébrés, cette substance n'existe probablement pas à l'état libre ; car il n'a jamais vu le contenu de ces cellules montrer la coloration caractéristique des substances amyloïdes au contact de l'iode. Une substance azotée, probablement unie à la zoamyline, masque ses caractères distinctifs. Ces deux substances, d'après le même observateur, seraient encore là à l'état de plasma : en effet, lorsqu'on les sépare, par l'action de l'eau bouillante, la coloration rose violacée, par la teinture d'iode, se montre, non pas dans des granulations solides, mais dans le liquide qui transsude des cellules hépatiques.

II. — Dans les classes les plus élevées des *invertébrés*, chez la plupart des mollusques et beaucoup d'articulés (crustacés et arachnides), le foie constitue, comme dans les vertébrés, un organe distinct, isolé des parois du tube digestif et suffisamment caractérisé par une sécrétion d'un brun jaunâtre, possédant les caractères essentiels de la bile, et versée dans la cavité intestinale à des hauteurs variables par des conduits le plus souvent multiples. Chez les céphalopodes néanmoins, les conduits excréteurs du foie se réunissent encore en un canal cholédoque commun qui s'ouvre, après un court trajet, sur les côtés du cæcum. Dans les mollusques gastéropodes, les conduits biliaires qui naissent des lobes hépatiques se réunissent ordinairement en deux, trois ou plusieurs qui aboutissent près de l'orifice pylorique (*Limax*, *Helix*, etc.), dans l'intestin (*Haliotis*, *Doris*, *Limneus*), dans le troisième estomac (*aplysies*), dans le premier estomac, et exceptionnellement dans l'œsophage (*Onchidium*).

Le foie entoure de très près le canal digestif des acéphales lamellibranches, et communique par un petit nombre de canaux biliaires avec l'estomac ou la partie antérieure de l'intestin.

Dans les aranéides, la bile est versée dans le tube digestif, à peu près vers la moitié de sa longueur, par quatre courts conduits hépatiques. Chez les scorpionides, elle arrive dans l'intestin par cinq paires de conduits excréteurs, séparées par d'assez grands intervalles.

Dans les ordres supérieurs des crustacés, le foie, isolé, est pourvu de conduits excréteurs particuliers qui s'ouvrent sur divers points du canal digestif, tantôt dans l'estomac (*amphipodes*, *isopodes*), tantôt dans toute la longueur du tube digestif (*squilles*, *bopyrides*). Chez les décapodes, les deux masses hépatiques versent leur produit, chacune par un court canal, immédiatement en arrière du pylore.

Le système circulatoire, et en partie le système veineux, étant à l'état rudimentaire dans la plupart des invertébrés, on ne retrouve plus, chez eux, l'appareil circulatoire spécial qui caractérise le foie des vertébrés. Cet organe, ainsi que le tube digestif tout entier, baigne directement dans une grande cavité (*cavité du corps*), espèce de lacune veineuse dans laquelle les produits de la digestion pénètrent par transsudation à travers les parois du canal alimentaire. Chez les mollusques supérieurs seulement, une artère spéciale se distribue au foie.

(1) *Loc. cit.*, p. 318.

Nous n'avons donc à considérer ici, dans la structure de cet organe, que la charpente celluleuse, les cellules sécrétoires, leur groupement et leurs rapports avec les conduits excréteurs.

Tantôt la charpente celluleuse du foie (capsule de Glisson) réunit sous une enveloppe commune tous les éléments de cet organe divisé plus ou moins complétement en lobes ou lobules distincts, comme dans les vertébrés : c'est ce que l'on observe pour un grand nombre de mollusques ; tantôt, au contraire, ainsi que cela a lieu dans les articulés, elle entoure isolément chacun des organes élémentaires dont l'ensemble constitue le foie. Dans ce dernier cas, on trouve assez souvent, sous l'enveloppe celluleuse, des fibres musculaires autour des petits organes hépatiques. Leydig prétend même avoir rencontré des faisceaux contractiles sous l'enveloppe commune et dans la charpente celluleuse du foie des *paludines* (1).

Le parenchyme hépatique paraît formé, chez beaucoup de mollusques gastéropodes (*Limax*, *Paludina vivipara*, *Thetys*, *Doris*, *Tritonia*, etc.), d'aréoles caverneuses anastomosées. La même disposition paraît exister aussi chez les squilles parmi les crustacés. Mais la forme la plus ordinaire que présente le parenchyme hépatique des articulés et même des mollusques (*lamellibranches*, *hétéropodes* et beaucoup de *gastéropodes*), c'est celle de plusieurs groupes de culs-de-sac, simples ou ramifiés, de follicules courts ou allongés en tube, s'abouchant dans des conduits communs qui les font communiquer avec le tube digestif. Les cellules hépatiques, dont les couches, le plus souvent multiples, tapissent les parois de ces follicules, présentent des caractères assez tranchés. Leur paroi est mince et délicate, et le noyau le plus ordinairement masqué par le contenu de la cellule ; ce contenu est généralement formé par des granulations colorées en brun ou en jaune, et par des gouttelettes huileuses souvent aussi colorées. Les globules huileux sont si abondants dans quelques cas, chez les crustacés par exemple, que les cellules hépatiques présentent une grande analogie d'aspect avec les cellules vitellines.

Il existerait, d'après J. F. Meckel, dans le foie des mollusques et des crustacés, deux espèces de cellules destinées, les unes à la sécrétion biliaire, les autres à la sécrétion de la graisse. Leydig conteste le fait, et s'efforce d'établir que partout les mêmes cellules produisent à la fois la graisse et la bile par une métamorphose de leur contenu. Mais Ch. Rouget a confirmé l'existence de deux espèces de cellules distinctes dans les cæcums hépatiques des crustacés décapodes, et dans le foie de la plupart des gastéropodes. — D'après cet observateur, les cellules de l'extrémité terminale et des couches internes des follicules hépatiques des crustacés sont petites, transparentes, et ne renferment que des granulations ou des globules incolores, et probablement de nature protéique. Les cellules des couches extérieures, deux ou trois fois plus volumineuses que les précédentes, sont colorées en jaune rougeâtre par d'innombrables globules huileux, qui remplissent complétement la cavité de la cellule. Le foie de la plupart des espèces de mollusques gastéropodes est constellé de points colorés en brun foncé et disséminés à distance assez régulière. Ces points colorés ne sont autre chose que de grandes cellules remplies d'un liquide d'apparence huileuse, transparent, légèrement jaunâtre, qui entoure un gros globule ou un amas de granulations colorées en brun foncé. Les autres cellules hépatiques ont un aspect tout différent, et renfer-

(1) Leydig, *Lehrbuch der Histologie*, p. 362.

ment, en proportion variable, des granulations protéiques et des granulations moléculaires jaunâtres.

Dans les espèces inférieures de mollusques et de crustacés, le foie ne forme plus un organe distinct du tube digestif, mais seulement une couche de follicules ou même simplement de cellules qui tapissent les parois de ce conduit, le plus souvent au niveau de la région stomacale. Chez les *éolides*, les *éolidines*, les *actéons*, les cellules hépatiques tapissent les parois des culs-de-sac où viennent se terminer les dernières divisions de canaux, que les uns ont considérés comme un intestin ramifié, les autres comme des conduits biliaires. Chez les tuniciers (*ascidies* et *Salpa*), le foie s'étend comme une simple couche glandulaire colorée en jaune sur l'estomac et l'intestin.

Quelques espèces de crustacés inférieurs (*lernéodées*, *ergasilines*, *Artemia salina*) et les myriapodes offrent un canal alimentaire qui est parsemé de semblables follicules hépatiques, colorés en brun ou en jaune, et s'ouvrant probablement dans sa cavité chacun par un orifice distinct (*).

Enfin, une disposition plus simple encore s'observe chez les mollusques bryozoaires, dans les dernières espèces de crustacés, quelques larves d'insectes, les rotifères, les tardigrades et les annélides. Les cellules hépatiques ne sont plus groupées autour de follicules spéciaux, elles forment une simple couche qui revêt les parois du canal alimentaire. Il est remarquable que dans certains cas, sinon toujours, les cellules hépatiques ne sont pas, comme on l'a cru, étalées à la surface libre de la muqueuse, mais séparées de la cavité par l'épithélium intestinal qui passe au-dessus d'elles. Leydig a observé et figuré cette disposition chez les naïs et les lombrics. Ch. Rouget l'a constatée également chez les bryozoaires: il a remarqué de plus que, dans plusieurs espèces de naïs, les cellules hépatiques enveloppent le vaisseau dorsal; que, chez le *Naïs sanguinea*, elles forment une gaîne aux digitations vasculaires en culs-de-sac qui flottent dans la cavité du corps, et n'ont aucun rapport immédiat avec la cavité digestive.

Dans les espèces que nous venons de ranger dans la précédente catégorie, et qui ne possèdent plus, à proprement parler, d'organe hépatique, mais seulement des éléments, des cellules hépatiques, ces cellules sont encore généralement caractérisées par leur contenu de granulations pigmentaires jaunes ou brunes, et de gouttelettes graisseuses. Des cellules analogues se rencontrent également sur les parois des diverticules ramifiés du tube digestif des planaires, sur les parois des culs-de-sac qui garnissent les prolongements de la cavité digestive dans les rayons des astéroïdes. On trouve aussi des cellules renfermant des granulations pigmentaires sur les franges de la cavité stomacale des actinies, dans la paroi de l'estomac des polypes hydraires. Ces cellules sont généralement considérées comme chargées du rôle d'organes hépatiques. Mais, jusqu'à présent, une grande incertitude s'attache à la détermination de ces organes chez beaucoup d'animaux inférieurs. Il n'est souvent pas possible de constater une sécrétion biliaire, ou bien si elle existe, de la rattacher à tel ou tel organe, à tel ou tel tissu.

On ne connaît encore aucun caractère assez fixe et assez constant pour distinguer partout avec certitude les cellules hépatiques. La présence de granules

(*) C'est à cette forme élémentaire que paraît se rapporter le foie des derniers vertébrés (les *branchiostomes*). Les follicules tapissant les parois de l'intestin et d'un court cæcum qui s'en détache en arrière du pylore, constituent les organes hépatiques, et versent la bile à la surface de la muqueuse colorée en vert dans la portion de l'intestin qui leur correspond.

pigmentaires et de globules huileux, bien qu'assez générale, n'est ni constante, ni exclusivement propre aux cellules hépatiques; elle se rencontre fréquemment dans les éléments du tissu cellulaire, et il paraîtrait en effet que ce que l'on avait pris jusqu'à présent pour un foie ramifié, chez les *hirudinées*, n'est autre chose qu'un réseau de cellules plasmatiques renfermant des granulations colorées et des globules de graisse (1). D'autre part, dans aucune des espèces de la classe si nombreuse des insectes (hexapodes), on ne sait encore à quel organe rapporter les fonctions hépatiques. Les uns les attribuent aux parois de l'estomac ou des appendices cæcaux, dont la tunique interne se composerait de cellules hépatiques serrées (2), tandis que d'autres considèrent comme des canaux biliaires les longs tubes simples ou ramifiés, le plus souvent terminés en cæcum, et s'ouvrant dans le canal digestif, connus sous le nom de *vaisseaux de Malpighi* (3). Cette dernière opinion a contre elle la présence fréquente dans ces canaux de concrétions formées d'acide urique, et l'existence des vaisseaux de Malpighi chez les arachnides, qui ont un foie très développé et complétement distinct de ces organes regardés généralement aujourd'hui comme des organes urinaires. Leydig, à la vérité, fait observer que les insectes ont généralement deux espèces de vaisseaux de Malpighi, les uns à cellules incolores, les autres à cellules renfermant des granulations colorées; et il suppose que la dernière espèce, dans laquelle on ne rencontre pas de concrétions d'acide urique, jouerait le rôle d'organe hépatique.

Quoi qu'il en soit, chez les insectes et dans plusieurs espèces de crustacés inférieurs, bien que la sécrétion biliaire ait certainement lieu, on ne trouve le plus souvent, ni dans les cellules des parois du tube digestif, ni dans celles des tubes en cul-de-sac qui s'y abouchent, le contenu de granulations pigmentaires et de globules huileux, considéré comme un caractère propre aux cellules hépatiques. Ce caractère, il est vrai, manque fréquemment dans les cellules du foie des vertébrés, mais l'existence de la substance amyloïde du foie n'ayant pas non plus été jusqu'à présent constatée dans les cellules prétendues *hépatiques* des insectes, des crustacés inférieurs, des polypes, etc., rien ne nous autorise encore à accepter la détermination de la nature et des fonctions attribuées à ces organes.

III. — Nous venons de voir quelle incertitude s'attache à la détermination des organes et des cellules hépatiques chez un certain nombre d'animaux inférieurs, dont, du reste, la *sécrétion biliaire* est aussi très problématique. Mais, ces exceptions mises à part, on peut reconnaître que cette importante sécrétion est manifeste dans la plupart des animaux, et notamment chez les vertébrés, où nous nous proposons de l'étudier plus spécialement.

Dès la fin du premier tiers de la gestation, la bile, comme sécrétion dépuratoire, se produit déjà en quantité assez notable, puis peu à peu s'amasse et se concentre dans l'intestin qu'elle finit par remplir sous la forme de *méconium*. Au moment de la naissance, la bile, outre le précédent office qu'elle continue à remplir dans la dépuration du sang, paraît concourir à la digestion d'une classe entière d'aliments.

Nous n'avons à revenir ici, ni sur le *rôle de la bile dans la digestion*, ni sur

(1) Leydig, *loc. cit.*, p. 366.
(2) Siebold et Stannius, *Manuel d'anat. comp.*, trad. de Spring et Lacordaire, t. I, p. 588.
(3) L. Dufour, *Mémoire sur les vaisseaux biliaires des insectes* (*Ann. des sc. nat.*, 2ᵉ série, t. XIX).

la *composition chimique* de ce fluide. Ces études ont été faites avec détail dans le chapitre consacré à la *digestion* (*). — Il nous reste à fixer notre attention sur la sécrétion biliaire considérée au point de vue : 1° de sa source ; 2° de son trajet ; 3° des modifications que lui impriment certaines influences ; 4° de son action dépuratoire sur le sang.

A. — La sécrétion biliaire paraît bien évidemment avoir lieu dans les cellules hépatiques précédemment décrites ; mais celles-ci recevant des vaisseaux de deux ordres, de la veine porte et de l'artère hépatique, il s'agit de déterminer aux dépens de laquelle des deux circulations veineuse ou artérielle la sécrétion s'opère.

Chez le fœtus, avons-nous dit, le foie apparaît de bonne heure, la sécrétion s'établit alors, et, à la naissance, on trouve son produit dans la vésicule et dans l'intestin. A cette période du développement, le foie reçoit un vaisseau important, la *veine ombilicale*, qui apporte des matériaux sans aucun doute utilisés pour la sécrétion biliaire.

Chez l'adulte, la veine ombilicale disparaît, et il ne reste plus à examiner que le rôle relatif de l'artère hépatique et de la veine porte.

Glisson (1) admettait que le sang destiné à fournir au foie les matériaux de la sécrétion biliaire était celui de la veine porte : « Ratum esto hepatis integri offi- » cium esse, sanguinem impurum per cavam affluentem excipere, bilemque ab eo » secernere, nitidumque jam factum in cavam reducere. » Après avoir pratiqué la ligature de l'artère hépatique, Malpighi (2) ne vit point la sécrétion de la bile s'interrompre, aussi sa conclusion fut-elle la même que celle de Glisson.

Cette opinion était professée par la grande majorité des physiologistes, lorsque Bichat, généralisant cette idée que toutes les sécrétions avaient comme source le sang artériel et que le sang veineux ne pouvait entretenir les phénomènes physiologiques, déposséda la veine porte du rôle qui lui avait été attribué. Il déclara même que l'expérience consistant à lier l'artère hépatique devait amener des désordres considérables, et que d'ailleurs elle était impraticable.

La vérité est que, depuis Malpighi (3), d'autres physiologistes ont pu reproduire l'important résultat qu'avait obtenu cet illustre observateur. Les expériences les plus complètes, dans cette direction, furent d'abord instituées par Simon (de Metz) (4), qui annonce avoir lié l'artère hépatique sur des lapins et des pigeons, mais qui en somme ne donne la relation que des faits observés sur ces derniers. Il lie d'abord les conduits hépatiques (au nombre de deux sur les pigeons), constate qu'alors le foie se colore en vert à sa surface, et que bientôt la bile se résorbe, passe dans la circulation, et apparaît dans le cloaque après avoir été séparée du sang par les reins. — Chez d'autres pigeons, Simon comprend dans la ligature les canaux hépatiques avec l'artère du même nom, et observe absolument les mêmes phénomènes. — Puis, dans une troisième série d'expériences, il agit exclusivement sur l'artère : alors la sécrétion continue à se faire normalement, et, dans ce cas, les canaux hépatiques étant libres, les matières contenues dans le canal intes-

(*) Voir ci-dessus, p. 239 à 256.

(1) *Anatomia hepatis*, p. 383.
(2) *Opera omnia : De hepate*, cap. IV, p. 64 à 66.
(3) *De viscerum structura*. In-12, Londres, 1669, p. 153.
(4) *Expériences sur la sécrétion de la bile* (*Journal des progrès, des sciences et institutions médicales*, 1828, t. VII, p. 215).

tinal offrent leur couleur normale. — Enfin, le même expérimentateur (1) pratique la ligature de la veine porte, et il voit la sécrétion biliaire s'arrêter chez les pigeons, leur foie pâlir, et, malgré la ligature des canaux hépatiques, cet organe ne plus se colorer en vert comme dans les cas précédents.

Aussi, de ces expériences variées Simon n'hésite-t-il point à conclure que le sang de l'artère hépatique ne sert pas à la sécrétion biliaire, et que ce rôle est dévolu au sang de la veine porte.

Dans un mémoire publié en collaboration avec Dujardin, Verger (2) formule cette opinion mixte, à savoir : que l'artère hépatique fournit probablement les *éléments digestifs* de la bile, tandis que la veine porte ne fournit que la *portion excrémentitielle* ; de telle sorte que le foie serait pour les cinq sixièmes environ un organe d'hématose ou de respiration abdominale, et pour un sixième seulement un organe glandulaire, si l'on tient compte du volume comparatif des deux ordres de vaisseaux.

A la suite de ses études sur la structure du foie, dans lesquelles il admet qu'il n'y a pas dans les granulations de vaisseaux formant de plexus, mais que le sang de la veine porte arrive dans les espaces interutriculaires et les traverse pour se rendre dans les veines sus-hépatiques, Lambron (3) revient à la conclusion de Glisson et de Malpighi, que c'est le sang de la veine porte qui est exclusivement chargé de la sécrétion biliaire. Il s'applique à réfuter l'opinion de Bichat, en se basant sur ce que l'on ne doit point assimiler le foie à toutes les autres glandes qui ne reçoivent que du sang artériel, attendu que cet organe présente une disposition vasculaire toute spéciale. Il pense aussi que l'on n'a pas assez réfléchi à la composition du sang de la veine porte lorsqu'on a voulu lui enlever les propriétés nécessaires pour le complément des sécrétions. En effet, dit-il, si l'on songe avec quelle extrême facilité les injections, poussées dans les artères si abondantes de l'intestin, passent dans les radicules de la veine porte, ne peut-on pas admettre que, dans l'état habituel de la circulation, le sang de celle-ci n'a pas perdu tous les principes propres à la nutrition et aux sécrétions. Lambron fait en outre observer que le sang de la veine porte semble se rapprocher notablement de celui qui circule chez les animaux dont les deux cœurs communiquent, et par conséquent chez lesquels aussi c'est un mélange de sang artériel et de sang veineux qui fournit aux sécrétions.

Voyons maintenant quelles sont les observations d'anatomie normale ou pathologique et les expériences qui tendent à déposséder la veine porte du rôle précédent.

Chez les vertébrés, autres que les mammifères, la veine porte communique avec la veine cave postérieure par de larges anastomoses constituant le *système veineux de Jacobson* ; d'où il suit qu'une portion de son sang arrive directement à la veine cave et au cœur, et ne joue aucun rôle par rapport aux fonctions du foie.

On a voulu diminuer l'importance accordée à la veine porte dans la sécrétion dont il s'agit, en tenant compte de cas exceptionnels où ce vaisseau pénétrait directement dans la veine cave sans traverser le foie, et où néanmoins on avait observé la sécrétion biliaire. Les quatre cas cités de ce genre d'anomalie sont dus

(1) *Nouveau Bulletin de la Société philomatique*, 1825.
(2) *Recherches anatomiques et microscopiques sur le foie des mammifères*, 1838.
(3) *Archives générales de médecine*, janvier et février 1841.

à Lieutaud (1), à J. Huber (2), à Abernethy (3) et à Lawrence (4); mais les deux derniers seuls paraissent authentiques.

Dans le cas que rapporte Abernethy, la veine porte se rendait dans la veine cave près des rénales, et la veine ombilicale aboutissait aux veines hépatiques. L'artère hépatique offrait un calibre considérable, les matières des intestins étaient colorées par la bile, et il existait une petite quantité de ce liquide dans la vésicule. Mais Kiernan (5), qui plus tard a examiné la pièce, fait remarquer que la veine ombilicale était encore perméable et se ramifiait dans le foie. J. Müller (6) admet avec Kiernan la possibilité du passage, par les *vasa vasorum*, du sang de l'artère devenu veineux dans les branches de la veine ombilicale, au lieu de celles de la veine porte. Alors, même dans ce cas, les matériaux de la sécrétion biliaire seraient provenus du sang veineux.

Dans les *Bulletins de la Société anatomique* (7) se trouve consigné un fait d'oblitération de la veine porte par de la matière encéphaloïde : pendant les deux jours qui précédèrent la mort, le malade eut des vomissements bilieux.

Gintrac (de Bordeaux) a réuni un certain nombre de cas d'oblitération de la veine porte à la suite de phlébite. Chez plusieurs sujets offrant une oblitération complète de ce vaisseau, la sécrétion biliaire, affirme cet observateur, n'avait pas été supprimée.

Connaissant ces observations et se rendant d'ailleurs au désir de Gintrac, Oré (8) a tenté des expériences dans lesquelles il avait pour but d'oblitérer la veine porte. Il la lia d'abord tout simplement, mais les trois chiens sur lesquels il employa ce procédé ne survécurent pas plus d'une heure. Alors, sur le conseil de Gintrac, il injecta dans ce tronc veineux une substance hémostatique, comme une solution concentrée de tannin, ou encore du perchlorure de fer, qui put amener la formation d'un caillot, et par suite une oblitération ; mais les chiens succombèrent encore plus vite que dans le cas précédent. Oré dut donc chercher un autre procédé qui cette fois lui réussit : ce procédé consiste à passer, autour de la veine porte, *sans le nouer*, un fil disposé comme une anse, et dont les deux extrémités très longues sortent par la plaie et sont attachées sur le dos de l'animal ; on réunit la plaie par trois ou quatre points de suture et on laisse le fil autour de la veine pendant cinq ou six jours au plus. Après ce temps, le fil peut être enlevé en tirant sur l'une de ses extrémités, et l'on constate généralement que le vaisseau s'est oblitéré sous l'influence de l'irritation locale occasionnée par le contact de ce fil et par les tractions opérées sur lui.

Après l'oblitération de la veine porte, dit Oré, les chiens se rétablissent et vivent, la vésicule est remplie de bile et les fèces sont normalement colorées ; d'où il conclut que ce n'est point le sang de cette veine qui fournit les matériaux de la sécrétion biliaire, et qu'ici comme pour toutes autres sécrétions, il ne faut accorder un pareil rôle qu'au sang artériel (*).

(1) *Historia anatomico-medica*, etc., et *Inst. anat. med.*, p. 190.
(2) *Programma sistens observationes aliquot anatomicas*, etc., p. 34. Cassel, 1760, in-4.
(3) *Philos. Transact.*, 1793, p. 59, 63.
(4) *Med. Chir. Trans.*, vol. V, p. 174.
(5) *Philos. Transact.*, 1833, p. 2.
(6) *Manuel de physiologie*, t. I, trad. de Jourdan, p. 439.
(7) Avril 1836, p. 60.
(8) *Comptes rendus de l'Acad. des sc. de Paris*, 1856, t. XLIII, p. 463.

(*) ANDRAL (*Comptes rendus de l'Acad. des sc.*, 1856, 2e sem., p. 467) rapporte un fait qu'il a observé lui-même, et qui offre des résultats concordants avec ceux qui ont été obtenus dans les

D'après l'exposé qui précède, en face de faits qui semblent se contredire les uns les autres, on ne peut qu'apporter la plus grande réserve dans une conclusion, et reconnaître qu'il y aurait lieu d'instituer de nouvelles expériences, dans le but de chercher la raison de contradictions qui ne sont peut-être qu'apparentes, comme dans celui de juger la question de prééminence d'action de la veine porte ou de l'artère hépatique.

B. — La bile étant formée, il s'agit de déterminer le mécanisme à l'aide duquel elle chemine du foie vers l'intestin.

Le *cours de la bile* reconnaît d'abord pour cause, la continuité de la sécrétion elle-même; ce fluide progresse dans les canaux excréteurs sous l'influence d'une sorte de *vis à tergo*. Les conduits hépatiques jouissent en outre d'une contractilité qu'on ne saurait révoquer en doute, et qui, du reste, s'explique par la présence de fibres musculaires lisses dans l'épaisseur de leurs parois. — Les mouvements respiratoires paraissent avoir de l'influence sur le cours de la bile. « Si, disent Leuret et Lassaigne (1), on met à découvert l'orifice du canal cholédoque sur un animal vivant (cheval), on le trouve contracté; on voit la bile s'écouler par saccades, et de loin en loin lorsqu'il se dilate. Si on l'incise, la bile sort par un jet renouvelé à chaque mouvement d'inspiration et en assez grande quantité. »

Comment la bile arrive-t-elle dans la vésicule? Laissons d'abord de côté une opinion ancienne dans laquelle on considérait la bile comme sécrétée par la vésicule elle-même. Plus tard, on admit que la bile arrivait directement dans ce réservoir à l'aide de canaux *hépato-cystiques;* mais, hors certains cas d'anomalie, ces canaux n'existent point chez l'homme. — Il est certain que la bile remonte dans la vésicule par le canal cystique: son trajet rétrograde paraît dû à son accumulation dans le canal cholédoque, dont l'orifice duodénal souvent contracté (Leuret et Lassaigne) offre d'ailleurs une étroitesse marquée par rapport au calibre du canal lui-même. Haller (2) dit que, si sur un cadavre humain on presse le foie, on fait refluer la bile dans la vésicule, et que chez le vivant, l'orifice du conduit cholédoque comprimé lors de la systole du duodénum, doit, en s'opposant au passage de la bile dans cet intestin, la faire refluer vers la vésicule. Haller rappelle aussi, à cette occasion, que, dans la colique saturnine qui s'accompagne de la contraction spasmodique de l'intestin, la vésicule est turgide : « In colica pictorum, in qua » intestina mire arctantur, bilaria vesicula bile turget ».

Quant à la bile accumulée dans la vésicule, elle en sort à l'aide des contractions propres à ce réservoir, pour rencontrer bientôt celle qui vient du canal hépatique, et passer avec elle dans le conduit cholédoque qui s'ouvre dans le duodénum. Peut-être aussi la compression médiate par l'estomac, rempli d'aliments, favorise-t-elle l'expulsion de la bile hors de la vésicule.

C. — Il nous faut maintenant signaler certaines influences qui peuvent amener des changements plus ou moins appréciables dans la sécrétion biliaire.

expériences précédentes: un malade présenta, à l'autopsie, une oblitération complète de la veine porte, sans avoir eu jamais aucun des symptômes qui indiquent une suspension de la sécrétion biliaire. Cet individu était diabétique.

(1) *Recherches physiologiques et chimiques pour servir à l'histoire de la digestion.* Paris, 1825, p. 83.

(2) *Elementa physiologiæ.* Bernæ, 1764, t. VI, p. 582 et 584.

Sur un animal (chien) porteur de fistule biliaire, on constate, s'il est à jeun, qu'il ne s'écoule qu'une petite quantité de bile ; puis l'écoulement s'active un certain temps après l'ingestion des aliments pour persister assez longtemps après la digestion. Bien évidemment, a-t-on dit, la bile qui est alors sécrétée ainsi a pour but de servir à la digestion suivante, et en l'attendant elle s'accumule dans la vésicule. Quoi qu'il en soit de cette conclusion, notons que le moment où la bile est, en effet, le plus abondamment sécrétée coïncide avec l'accomplissement de la digestion, c'est-à-dire avec l'instant où le sang de la veine porte est le plus chargé de principes étrangers. — Nous n'avons pas à revenir sur la *quantité de bile* sécrétée en vingt-quatre heures ; cette question a déjà été examinée (voir ci-dessus, p. 246). Rappelons seulement, en passant, qu'un lapin, par exemple, sécrète en vingt-quatre heures jusqu'à un huitième de son poids de bile (Bidder et Schmidt).

Il est diverses circonstances qui peuvent influer aussi sur la quantité ou la qualité de la sécrétion biliaire. — Les pays chauds, la température élevée de l'été, semblent activer cette sécrétion. — Diverses substances médicamenteuses, les émétiques, certains purgatifs (gomme-gutte, coloquinte, protochlorure de mercure, etc.), les matières résineuses, les épices, sont réputés accroître momentanément la production de la bile. — Bouisson (1), laissant périr des animaux par une asphyxie lente, a vu la bile être sécrétée en quantité notablement plus considérable. — D'après C. H. Schultz (2), les chiens nourris de matières végétales sécréteraient moins de bile que ceux qui font usage de matières animales. — Schultz, puis Blondlot (3), admettent que l'usage des matières grasses modifie la sécrétion biliaire et en augmente la quantité. — Enfin Bouchardat et Sandras (4), après avoir donné, pendant trois jours, à des chiens, des soupes contenant 45 grammes de suif, virent augmenter dans la bile la cholestérine et les autres matières grasses : ce fluide était verdâtre.

Des substances introduites accidentellement dans le sang peuvent se retrouver dans la bile, et quelques études intéressantes ont été faites à ce point de vue, surtout par Mosler (5), qui a essayé de faire pour le foie et son produit de sécrétion ce qui, avant lui, avait déjà été tenté avec succès pour d'autres organes glandulaires : pour les reins, par Wœlher et par Frerichs ; pour la glande mammaire, par Eckhard.

Mosler, ayant injecté, dans la veine crurale d'un chien de moyenne taille, porteur d'une fistule biliaire, de l'eau à 36°, trouva, deux heures après, de l'*albumine* dans la bile, qui, chez le chien, n'en contient pas normalement. Huit heures après l'injection, ce principe avait disparu tout à fait. — Injectée directement dans le sang, l'albumine passe également dans la bile. — Normalement, le sucre, qui se trouve en forte proportion dans le tissu du foie, ne passe point dans la bile. Mais, si l'on injecte du sucre de canne ou du sucre de raisin dans le sang, on les retrouve dans la bile et dans l'urine, et l'on constate, suivant Mosler, qu'ils s'éliminent plus facilement par l'urine que par la bile. — L'iodure de potassium, ingéré à la dose de 2 grammes avec les aliments, se montre rapidement dans le fluide biliaire du chien, mais en disparaît aussi très vite. — Le sulfate de cuivre s'élimine par ce même fluide, mais plus aisément encore par l'urine. — Le calomel, le nitrate de

(1) *Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, etc., 8 mai 1843, p. 1010.
(2) *De alimentorum concoctione.* Berlin, 1834, p. 68.
(3) *Essai sur les fonctions du foie, etc.* Paris, 1846.
(4) *Annuaire de thérapeutique* pour l'année 1845.
(5) *Untersuch. uber den Uebergang von Stoffen aus dem Blute in die Galle.* Giessen, 1857.

potasse, le sulfate de quinine et l'acide benzoïque n'ont pu être retrouvés dans la bile. — On sait qu'au contraire, l'essence de térébenthine passe dans ce liquide et lui communique une odeur résineuse particulière.

Malgré l'accumulation de l'arsenic dans le foie, la bile, en général, ne contien pas d'arsenic. Melsens n'a pas trouvé d'iode dans la bile, alors que le foie en renfermait une grande quantité (1).

D. — Un des usages de la bile, et par conséquent du foie, nous est déjà connu; nous voulons parler de la réalité de la participation de ce fluide à la digestion intestinale (voir plus haut, p. 244 et suiv.). Nos précédentes études à ce sujet nous ont appris que la bile n'est pas un simple liquide d'excrétion, et qu'elle *concourt* à la digestion d'une classe entière d'aliments (matières grasses);—que sa suppression, comme liquide digestif, diminue très notablement, mais n'empêche pas tout à fait l'absorption de ces matières; — que si, après la ligature du canal cholédoque, les animaux *succombent promptement aux accidents de résorption de la bile*, ils peuvent survivre pendant des mois et des années, lorsque, pour prévenir ces accidents, on a établi une fistule biliaire ; — qu'alors, par des raisons précédemment exposées, la vie n'est possible qu'avec une alimentation plus abondante.

La bile n'est point une humeur purement excrémentitielle, car des recherches récentes et précises de Bidder et Schmidt (2) il résulte qu'une grande partie de la *bile est résorbée dans l'intestin.* L'eau, le mucus redissous, le chlorure de sodium, le phosphate de chaux, le fer, le soufre, la soude, les phosphate, carbonate et lactate de soude, telles sont *surtout* les parties *résorbables* de ce fluide. En effet (hormis le mucus), ne sont-ce pas là des principes nécessaires, constants, de beaucoup d'autres liquides et de tissus animaux, des dissolvants de certaines substances organiques, des médiateurs indispensables de diverses transformations qui se passent au sein de l'économie animale ? Dès lors, puisque, aussi bien que les matériaux organiques eux-mêmes, ces matières sont destinées à l'entretien et au renouvellement des parties solides et liquides de l'organisme, celui-ci devait tendre à s'en emparer, au lieu de les laisser perdre par les fèces. Il n'en est pas de même de certains principes résinoïdes ou de matières colorantes de la bile, ni en particulier de la cholestérine, que nous avons déjà dit être un de ces produits destinés à être expulsés de l'économie et former d'ailleurs le plus grand nombre des calculs biliaires.

D'autre part, on ne saurait oublier que la bile se présente chimiquement comme un liquide composé de matières très hydrogénées et très carbonées, associées à de la soude. Aussi a-t-on été amené à penser qu'en partie introduites dans le torrent circulatoire, ces matières y seraient insensiblement brûlées, leur carbone étant rejeté par les voies respiratoires sous forme d'acide carbonique, et leur hydrogène formant de l'eau destinée à être éliminée par les mêmes voies. — Ainsi envisagée, la bile aurait donc également un rôle à remplir dans l'entretien de la chaleur animale. Elle serait une substance excrémentitielle, propre à débarrasser le sang des matériaux en excès, et par conséquent susceptibles de devenir nuisibles à l'organisme. On est de la sorte ramené vers l'opinion qui fut celle de toute l'antiquité, à savoir, que le *foie est un organe épuratoire du sang ;* opinion que les modernes ont précisée davantage en regardant le foie comme l'auxiliaire du poumon,

(1) A.-F. ORFILA, *De l'élimination des poisons*, thèse inaug. Paris, 1852.

(2) *Die Verdauungssäfte*, etc., p. 217 et suiv.

en signalant des rapports inverses d'activité entre ces deux organes dans les divers âges de la vie ou suivant les différents degrés de l'échelle animale. Il paraît, en effet, rationnel d'admettre que, pendant la vie intra-utérine, la sécrétion biliaire a pour usage d'épurer le sang qui, privé de l'influence de l'air dans les poumons, se revivifie dans le placenta. Entre les produits que les poumons séparent du sang et ceux qu'en sépare le foie, il y a cette différence que, dans le premier cas, les matières éliminées sont déjà brûlées, tandis que, dans le second, elles sont encore combustibles. — Rappelons enfin, comme argument propre à démontrer le rôle de dépuration rempli par le foie, que, chez les animaux épuisés par les fatigues, la souffrance, l'abstinence prolongée, et alors que s'arrêtent ou languissent la plupart des autres sécrétions, on voit celle de l'organe hépatique persister avec une activité remarquable que prouvent les déjections biliaires : c'est qu'en effet la sécrétion de la bile est, comme l'urine, une de celles qui ne sauraient s'interrompre sans danger pour l'organisme. Aussi, en considérant sa continuité, l'abondance de son produit pendant les intervalles de la digestion, même chez les animaux où l'absence de vésicule empêche que ce fluide ne soit tenu en réserve pour un travail digestif subséquent, ne faut-il pas trop s'étonner de voir quelques expérimentateurs modernes refuser à la bile toute influence sur la fonction digestive, pour ne la regarder, à tort, que comme une humeur purement excrémentitielle.

IV. — Il y a dix ans environ, Cl. Bernard (1) annonça que les animaux possèdent, comme les végétaux, la faculté de former du sucre de toutes pièces, quelle que soit la nature de l'alimentation, et que cette *nouvelle fonction* appartient au *foie*, siége d'une double sécrétion : la sécrétion de la bile et la sécrétion du sucre.

Cette découverte, qui produisit une grande sensation, donna lieu en même temps à une controverse des plus actives. Après bien des expériences contradictoires, la théorie de la *fonction glycogénique du foie*, qu'on croyait enfin établie sur des faits physiologiques d'une incontestable évidence, semble aujourd'hui être infirmée par de récentes observations.

Après avoir exposé les phases diverses de cette question, il nous faudra examiner si le véritable point de vue sous lequel les faits qu'elle embrasse doivent être envisagés est ou non celui d'une *nouvelle fonction du foie*.

Les observations de Magendie (2) avaient appris que, dans les animaux nourris de matières sucrées ou de substances féculentes transformées en sucre par la digestion, le sang renferme du *sucre*. Cl. Bernard constata que, chez des animaux soumis à une alimentation exclusivement animale, ou même à jeun, le sang des veines sus-hépatiques contient du sucre (environ 1 pour 100) qui ne provient pas de l'intestin, puisque le sang de la veine porte n'en montre aucune trace. Ce sucre, d'après cet observateur, est nécessairement produit par le foie, et le tissu de cet organe chez un animal sain, quelle que soit la nature de l'alimentation, renferme 1,5 à 2 pour 100 de sucre. « Le tissu du foie, dit-il, est imprégné de sucre comme celui du testicule de sperme, celui des glandes sali-

(1) *Archiv. génér. de médecine*, 1849. — *Nouvelle fonction du foie considéré comme organe producteur de matière sucrée chez l'homme et les animaux*. In-4, Paris, 1853. — *Leçons de physiologie expérimentale*, 1854-1855.

(2) *Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, 1846.

vaires de salive... donc le sucre est un produit de sécrétion du tissu hépatique (1).. »

Il ne parut pas suffisamment démontré que, parce que le foie contenait du sucre et en cédait au sang qui le traversait, on fût en droit de conclure que le sucre s'était formé dans le foie. On objecta que le sucre pouvait provenir d'une alimentation sucrée ou féculente antérieure, et s'être accumulé dans le foie, comme cela arrive pour d'autres substances, les substances minérales en particulier (*mercure*, *arsenic*, *antimoine*, etc.). Cl. Bernard répondit en montrant que, chez les animaux exclusivement carnivores, après une diète animale prolongée pendant plusieurs mois, chez le poulet dans l'œuf, chez le fœtus dans les derniers mois de la vie utérine, le tissu hépatique contient du sucre, et il affirma que d'ailleurs on n'en trouve pas en proportion sensiblement plus considérable chez les animaux nourris de substances féculentes ou sucrées que chez ceux qui sont nourris exclusivement de viande.

Mais le sang des herbivores contient du sucre, la chair musculaire est imprégnée de ce sang sucré : les animaux nourris de viande reçoivent donc, disait-on, du sucre du dehors. D'autre part, en acceptant même que le sucre prît naissance dans le foie, on pouvait supposer, avec Lehmann et Frerichs, que sa production avait lieu uniquement aux dépens du sang qui traverse le foie, le tissu hépatique ne fournissant rien et n'intervenant que par une simple action de contact.

Ces objections amenèrent à constater un fait tout à fait inattendu : le foie enlevé à un animal sain, puis lavé par un courant d'eau froide traversant les vaisseaux, est complétement privé de sucre, et il en est de même du foie d'un animal auquel on a fait subir certaines lésions des centres nerveux qui ont pour effet d'abaisser la température des organes abdominaux ; mais, si l'organe est abandonné à lui-même pendant quelques heures à la température ordinaire, le sucre y apparaît de nouveau en proportion quelquefois considérable.

Cette expérience démontrait, d'une manière irrécusable, que du sucre prend naissance dans le tissu hépatique, et dès lors la *fonction glycogénique du foie* semblait hors de toute contestation. D'autres résultats importants, conséquence naturelle de l'expérience précédente, ne tardèrent pas à se produire : il était évident qu'une substance capable de subir la transformation glycosique préexistait dans le foie à l'apparition du sucre. S'appuyant sur la présence de cette substance chez les animaux soumis à une alimentation azotée, sur la transformation d'une matière protéique (l'hématosine) en sucre, obtenue par Lehmann à l'aide de réactions très compliquées, Cl. Bernard avait cru pouvoir conclure :

« 1° Que le sucre se forme dans le foie aux dépens de matières azotées, albuminoïdes ; 2° que ces matières donnent naissance au sucre par suite d'une véritable fermentation. »

Mais bientôt, et presque simultanément, Hensen (2) et Cl. Bernard (3) parvinrent à isoler la *substance glycogène hépatique*, et lui trouvant les plus grandes analogies de propriétés et de composition élémentaire avec les substances glycogènes d'origine végétale, ils la considérèrent comme une espèce de *dextrine* ou de *fécule animale*, appartenant en propre au parenchyme du foie ; de son côté, Schiff (4) prétendit même la reconnaître dans les cellules hépatiques sous forme

(1) *Loc. cit.*
(2) *Communication à la Société d'histoire naturelle de Würzbourg*, décembre 1856.
(3) *Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, mars et juin 1857.
(4) *Untersuchungen über Zuckerbildung*, etc., 1859.

de granulations que l'iode colore en brun. Les mêmes observateurs constatèrent également que cette matière glycogène peut, comme l'amidon végétal, se transformer en sucre sous l'influence de la diastase, de la salive ou du suc pancréatique, mais que le sang contenu dans les vaisseaux du foie lui fournit le ferment spécial qui opère sa transformation pendant la vie.

La théorie de la *glycogénie hépatique* atteignit alors l'apogée de sa fortune ; la plupart des physiologistes acceptaient la *nouvelle fonction du foie*. Elle avait dans l'organisme animal ses conditions d'existence propre : les maladies, les lésions graves la supprimaient ou la suspendaient pendant un certain temps ; de brillantes expériences montraient l'influence qu'avait sur elle le système nerveux par l'excitation directe ou réflexe des nerfs du foie ; la piqûre de la moelle, au-dessus de l'origine des nerfs phréniques, supprimait la production du sucre ; la piqûre du plancher du quatrième ventricule, au niveau de l'origine des pneumogastriques, l'exagérait au contraire, et la quantité de sucre alors contenue dans le sang (plus de 3 pour 100) étant trop considérable pour y être détruite, le sucre apparaissait dans l'urine, l'animal présentait les symptômes du *diabète sucré*. Cette affection, jusque-là d'une nature si équivoque, n'était plus autre chose qu'un trouble, une exagération de la nouvelle fonction, etc.

Cependant les adversaires et les partisans de la glycogénie hépatique semblaient avoir également méconnu que tous les actes qui s'accomplissent dans un organe ne constituent pas, pour cet organe, autant de fonctions spéciales ; que, pour caractériser une fonction, il faut à la fois un élément, un tissu propre, et un rôle spécial dans un des grands actes, soit de la vie organique, soit de la vie animale. A diverses reprises, Cl. Bernard avait, il est vrai, supposé et cherché dans le foie deux espèces d'éléments distincts, destinés les uns à la sécrétion de la bile, les autres à la sécrétion du sucre ; mais ses tentatives étaient restées infructueuses. Cet investigateur n'avait pas été plus heureux lorsqu'il avait essayé d'assigner à la *nouvelle fonction* un rôle digne de l'importance qu'il lui attribuait. Il était assurément difficile d'admettre, avec lui, que l'usage du sucre sécrété par le foie « était d'empêcher l'infiltration des tissus, de celui du poumon en particulier, par le sang » (1) ; car, dans les états morbides de toutes espèces qui suppriment la production du sucre par le foie, cette infiltration devrait se produire. — On devait aussi considérer comme un peu hasardée, et tirée d'expériences trop incomplètes, l'idée que l'espèce de fermentation qui accompagne la formation du sucre a pour effet « de maintenir dans les liquides animaux cette mobilité indispensable à l'entretien des phénomènes de la vie, d'empêcher les matières de tomber à l'état de produit fixe, et que c'est sous l'influence de cette fermentation que les cellules organiques et en particulier les globules blancs du sang prennent naissance. » (Cl. Bernard.) — Chose singulière d'ailleurs, le foie enlevé à l'animal, puis lavé, privé de sang, abandonné sur une table, accomplit la fonction glycogénique avec autant, sinon avec plus d'énergie, que lorsqu'il faisait partie de l'organisme vivant !

Un physiologiste anglais, Pavy (2), qui, témoin des expériences faites au collége de France, avait d'abord complétement accepté les idées de leur auteur sur la

(1) Cl. Bernard, *Leçons de physiologie expérimentale*, 1855, p. 401.
(2) Pavy, *The alleged Sugar forming Function of the Liver* (Guy's *Hospital Reports*, 1858).

fonction glycogénique du foie, a même été conduit par ses propres observations à nier la formation du sucre par le foie à l'état normal, pendant la vie, et à considérer ce phénomène comme se produisant *post mortem*, ou bien comme résultant de troubles de la circulation hépatique (*). Si contraires que paraissent ces expériences aux résultats annoncés par un grand nombre d'observateurs, elles ont été néanmoins répétées et confirmées depuis par un autre physiologiste, Rob. Macdonnell (1), et elles paraissent mériter considération.

D'ailleurs, dans les faits mêmes dont la connaissance est due aux habiles investigations de Cl. Bernard, il y avait de sérieux motifs de mettre en doute la signification qu'il avait attribuée à la découverte de la formation du sucre dans le tissu hépatique.

La démonstration de la présence du sucre et d'une *matière glycogène* identique avec celle du foie, dans les muscles et les poumons des fœtus, semblait devoir mettre sur la voie de la véritable interprétation de la glycogénie animale, et faire rejeter comme inadmissible l'idée que des organes aussi différents de tous points que le foie, les muscles, le poumon, pussent être les agents d'une même fonction.

Cependant, lorsque Cl. Bernard, poursuivant ses recherches, rencontra dans les annexes du fœtus des éléments renfermant une substance glycogène, il ne vit là qu'une confirmation de sa théorie, et il crut avoir découvert de nouveaux *organes hépatiques* chargés temporairement de la *fonction glycogénique* avant le développement du foie.

Mais cette dernière découverte, qui semblait le couronnement de l'œuvre, fut précisément le point de départ de nouvelles investigations qui ont placé la question sur un autre terrain, et ont enfin donné, à ce que nous croyons, aux faits relatifs à la glycogénie leur véritable signification.

Si remarquables, en effet, que fussent les faits nouveaux sur lesquels on se basait pour admettre l'existence d'organes hépatiques dans les annexes du fœtus, ils présentaient néanmoins une discordance frappante : chez les rongeurs, c'était dans le *placenta*, à la surface extérieure de l'œuf, que se trouvait l'organe hépatique temporaire ; chez les ruminants, cet organe s'étalait sur une autre membrane, sur la surface libre de l'*amnios ;* chez les oiseaux, c'était dans les parois du *sac vitellin* que Cl. Bernard prétendait l'avoir trouvé. — Comment admettre qu'une fonction attribuée à un organe spécial pût ainsi, suivant les âges et les espèces, transporter son siége dans telle ou telle partie ?

Dans sa première communication à la Société de biologie, cet observateur avait complétement assimilé, tant pour la forme que pour le contenu, les cellules glycogènes du placenta, et surtout celles de l'amnios, à des cellules hépatiqués. Mais Ch. Rouget (2), soumettant à un nouvel examen les prétendus organes hépatiques de l'amnios, constata que les cellules dont ils étaient composés ne présentaient, quoi

(*) Dans le sang extrait, à l'aide d'une sonde, de l'oreille droite ou des veines sus-hépatiques, sur l'animal vivant et vigoureux, PAVY constate à peine de faibles traces de sucre, lorsqu'on a pris soin d'éviter de gêner la respiration, et d'empêcher les mouvements convulsifs de l'animal.—Le tissu du foie, enlevé rapidement sur un animal sain, et plongé immédiatement dans un mélange réfrigérant, de manière à empêcher toute fermentation, se montre également presque complétement privé de sucre.

(1) *On the Physiology of Diabetic Sugar in the animal Œconomy* (*Dublin Quarterly Journal of Medical Science*, 1859).

(2) *Des substances amyloïdes et de leur rôle dans la constitution des tissus des animaux* (*Journal de la physiologie de l'homme et des animaux*, 1859, p. 308).

qu'on en eût dit, aucune analogie avec les éléments du foie, et n'étaient rien autre chose que des cellules d'épithélium corné. Guidé par ce premier indice, il rechercha aussitôt, et trouva, suivant ses prévisions, dans la plupart des épithéliums et dans quelques autres éléments cellulaires du fœtus, les caractères attribués aux prétendues *cellules glycogènes spéciales* des organes hépatiques; il retrouva même ces caractères dans l'épithélium du vagin chez la femme adulte, et dans quelques plaques épithéliales de l'enduit saburral de la langue chez des enfants nouveau-nés.

Constatant, contrairement à l'opinion de Cl. Bernard, que les cellules qui renfermaient la substance glycogène n'étaient nullement des éléments particuliers, des cellules glycogènes spéciales, mais bien les éléments constituants propres de différents tissus, Rouget fut conduit à envisager la question à un point de vue différent de celui auquel on s'était placé jusque-là. Il ne vit dans les substances amylacées que des matières intervenant dans la constitution des tissus au même titre que les matières grasses et les matières albuminoïdes, et dans le sucre qu'un produit de désassimilation analogue à l'urée, à la créatine, à la créatinine, etc.

Reprenant à ce point de vue l'étude du développement des tissus embryonnaires, il trouva que, chez les larves de batraciens, la substance glycogène (*zoamyline*) ne se montre à l'état libre dans aucun autre tissu que dans les cartilages d'ossification, que c'est là aussi qu'on l'observe d'abord chez l'embryon de poulet; que, dans de très jeunes embryons de ruminants, chez lesquels les éléments des cartilages, des muscles, des épithéliums, renferment de la zoamyline, on ne rencontre encore aucune trace de ces cellules dites *glycogènes* à la surface ni du placenta ni de l'amnios. La substance amyloïde, qui disparaît d'assez bonne heure dans les éléments de ces derniers organes, persiste souvent jusqu'à une époque très rapprochée de la naissance dans d'autres tissus.

Dans des embryons de cobaye, deux ou trois jours au plus avant la naissance, les cellules cornées de l'extrémité des ongles, et tout l'épithélium de l'intestin, contiennent encore de la zoamyline en abondance : cependant depuis longtemps déjà le foie sécrète de la bile, et ses cellules complétement développées fournissent de la matière glycogène et du sucre.

« Ces faits démontrent évidemment, dit Ch. Rouget, qu'il n'y a aucun rapport entre la présence de la zoamyline dans tel ou tel tissu et son développement dans le foie. — La présence d'éléments renfermant une substance amylacée dans l'amnios ou le placenta n'est qu'un cas particulier et secondaire du fait général de l'existence de la zoamyline dans la plupart des tissus de l'embryon. Il n'y a lieu de voir là ni un organe hépatique temporaire, ni une fonction nouvelle du placenta. L'existence d'une substance amylacée indique non une nouvelle fonction d'organe, mais une nouvelle propriété de tissu; la production du sucre n'est pas le but, mais seulement la conséquence de la présence dans l'organisme de la zoamyline. Le sucre que la sécrétion urinaire accumule dans les liquides allantoïdien et amniotique chez les fœtus dont les tissus renferment de la zoamyline, est le résultat de la désassimilation de cette substance, comme l'urée de celle des substances protéiques. »

Il est manifeste qu'au point de vue de la glycogénie, le foie de l'adulte est absolument dans les mêmes conditions que les organes embryonnaires dans la constitution desquels entre la substance glycogène. Dans le tissu hépatique comme dans

les tissus embryonnaires, au contact du sang, dans l'acte d'échange des matériaux d'assimilation et de désassimilation, la zoamyline se transforme en sucre. Celui-ci se détruit dans le sang ou passe dans la sécrétion urinaire s'il est en proportion considérable. Le tissu hépatique ne présente pas seul cette particularité, car même chez l'adulte, dans certaines conditions (*), le système musculaire de la vie animale renferme de la zoamyline et fournit du sucre; le tissu pulmonaire est dans le même cas.

« Si l'on voulait voir là une fonction, on serait contraint, ajoute Rouget, d'attribuer successivement la fonction glycogénique non-seulement à des organes très divers, mais à des systèmes entiers de tissus. N'est-il pas plus logique de reconnaître que ce que l'on avait cru être une fonction nouvelle localisée dans un organe, n'est autre chose qu'une manière d'être permanente ou transitoire, une propriété nouvelle des tissus des animaux établissant une parfaite conformité dans la constitution des tissus de tous les êtres organisés ? » En effet, Rouget (1) a prouvé que les divers états sous lesquels on rencontre les substances amyloïdes chez les végétaux se retrouvent chez les animaux.

Sans méconnaître l'importance des résultats obtenus par Cl. Bernard, surtout en ce qui concerne la formation du sucre dans l'organisme animal, nous ne saurions accepter l'interprétation que cet habile expérimentateur a donnée aux faits dont il a enrichi la science. — Nous croyons, comme Rouget, que la transformation de la matière glycogène en sucre ne constitue pas une fonction spéciale du foie, qu'elle n'est simplement qu'un résultat de la nutrition du tissu propre de cet organe.

C'est donc dans le chapitre consacré à l'étude de la *nutrition* que nous examinerons le rôle de la matière glycogène dans la constitution des tissus, que nous rechercherons aux dépens de quelles substances elle se forme, dans quelles conditions elle se métamorphose en sucre, et quelle influence peuvent avoir sur cette métamorphose l'exagération ou la suppression de l'action de telle ou telle partie du système nerveux, et les modifications de la circulation. C'est là que trouveront leur véritable place la plupart des faits qu'embrasse la question complexe de la glycogénie.

DU PANCRÉAS ET DU SUC PANCRÉATIQUE.

Nous avons eu déjà l'occasion d'étudier le suc pancréatique sous le rapport de sa *composition chimique*, de sa *quantité* et de son *rôle dans la digestion* (voir ci-dessus, p. 256-270).

Notre but, dans ce chapitre consacré à l'étude générale des glandes et des sécrétions, se réduira à faire connaître certaines particularités relatives à l'anatomie comparée et à la texture du pancréas, particularités que nous avons cru devoir passer précédemment sous silence.

Le *pancréas*, longtemps désigné sous le nom de *glande salivaire abdominale*, fait partie de la classe des glandes en grappe composées. Sa structure est en tout semblable à celle des autres glandes du même ordre : il est formé de lobules dont les plus petits sont constitués par des vésicules glandulaires, généralement arron-

(*) Dans l'état d'hibernation et dans l'état de paralysie des muscles des membres par suite de la section des nerfs moteurs.

(1) *Mém.* et *Rec. cit.*, p. 314.

dies et présentant de $0^{mm},05$ à $0^{mm},09$ de diamètre. Ces vésicules présentent une membrane propre et une couche d'épithélium pavimenteux, dont les cellules renferment un grand nombre de granulations graisseuses, et une substance précipitable par l'acide acétique, mais soluble dans un excès de ce réactif.

Les canaux excréteurs se réunissent successivement pour former le canal de Wirsung. Leurs parois renferment du tissu conjonctif, des fibres élastiques, et sont tapissées à leur face interne par un épithélium à cellules cylindriques. Dans l'épaisseur des conduits principaux, se rencontrent de petites glandes en grappe analogues à celles que l'on observe dans les canaux biliaires.

Les vaisseaux sanguins offrent la même disposition que dans les glandes salivaires : ils forment des réseaux autour de chaque vésicule glandulaire. Les vaisseaux lymphatiques sont plus nombreux que dans les glandes précédentes. Quant aux nerfs, venus du grand sympathique, ils suivent le trajet des vaisseaux.

L'examen histologique du tissu du pancréas est tout à fait insuffisant pour le faire distinguer nettement des glandes salivaires ou des glandes de Brunner. En effet, toutes ces glandes, étant formées de culs-de-sac et résultant d'une agglomération de vésicules, présentent entre elles les plus grandes analogies. Aussi Cl. Bernard (1) a-t-il recherché des caractères physico-chimiques propres à caractériser le suc et le tissu pancréatiques. Il a donné, comme caractères du tissu pancréatique, principalement les deux suivants : 1° Le tissu du pancréas acidifie rapidement les graisses neutres. 2° Ce tissu fournit, en se décomposant, une matière colorante particulière.

Lorsqu'on abandonne dans l'eau, dit cet observateur, à une décomposition spontanée, le tissu pancréatique, on obtient une infusion offrant successivement les caractères qui suivent : Dans la première période, on trouve une matière coagulable par les acides et la chaleur ; mais il n'existe pas de traces de matière colorante. — Dans la deuxième période, l'infusion donne une coloration rouge très intense en présence du chlore, et disparaissant par un excès de réactif. — Dans la troisième période, on n'obtient plus de coloration rouge par le chlore, mais on l'obtient par l'acide nitrique.

Toutes ces périodes se succèdent par des nuances insensibles.

Comparativement aux glandes salivaires et au foie, le pancréas apparaît beaucoup plus tardivement, beaucoup plus irrégulièrement dans la série animale.

Les céphalopodes, dont le foie est déjà nettement limité, offrent d'autres appendices glandulaires qui ont été regardés comme représentant le pancréas. — Chez les insectes, on a cru devoir faire l'analogue du pancréas de quelques couches glandulaires annexées à l'iléon. — Un pancréas lobulé, et entièrement semblable à celui des vertébrés supérieurs, ne se rencontre guère que chez les plagiostomes, les chimères, ainsi que chez quelques poissons osseux, spécialement l'*Anguilla vulgaris*. Dans d'autres poissons, cet organe glandulaire est remplacé par des prolongements tubuleux de l'intestin ou *appendices pyloriques*. Mais le pancréas et les appendices pyloriques manquent simultanément chez un assez grand nombre de poissons, les soles, les cyprinoïdes, etc., etc. — Dans la classe des reptiles, l'existence du pancréas est constante. Il est placé vers le commencement de l'intestin grêle. Le canal pancréatique, qui vient s'ouvrir aux environs du canal cholédoque, est rarement double. — Quant aux oiseaux, leur pancréas

(1) *Mémoire sur le pancréas*. In-4, Paris, 1856, p. 26 et suiv.

est toujours situé dans l'anse du duodénum et souvent composé de deux lobes plus ou moins imparfaitement réunis. Le nombre des conduits excréteurs est d'un à trois. Lorsqu'il y en a trois, le dernier s'insère habituellement à une certaine distance des deux autres, dans l'angle de l'anse du duodénum, tandis que ceux-ci, alternant avec les conduits hépatique et cystique, s'ouvrent à côté d'eux dans l'intestin.

Tous les mammifères ont un pancréas. Ordinairement les divers conduits de cette glande se réunissent en un seul canal qui s'ouvre tantôt dans le canal cholédoque ou son ampoule, tantôt directement dans l'intestin. Assez souvent néanmoins il existe deux canaux pancréatiques. Regnier de Graaf (1) avait déjà décrit, chez l'homme, deux conduits pancréatiques distincts et indépendants l'un de l'autre, ou bien s'anastomosant ensemble. J. F. Meckel (2) considéra l'existence de deux conduits pancréatiques comme une anomalie, ou plutôt comme une persistance de ce que l'on observe chez le fœtus; Huschke (3) se range à la même opinion.

Ayant repris en détail cette étude des conduits pancréatiques, Cl. Bernard (4) a constaté, chez l'homme, l'existence de deux conduits, l'un principal et l'autre accessoire, qu'il appelle *canal récurrent*. Celui-ci semblerait avoir plus de tendance à déverser son liquide dans le conduit principal que dans l'intestin. Verneuil (5) est arrivé au même résultat, et a décrit le petit canal sous le nom de *canal azygos*.

Règle générale, chez l'homme, le canal pancréatique principal s'abouche dans l'intestin avec le canal cholédoque. Quelquefois les deux canaux pancréatiques s'ouvrent dans le duodénum isolément, indépendamment du canal cholédoque.

Chez le *chien*, il existe deux conduits pancréatiques: le plus gros s'ouvre isolément à 1 ou 2 centimètres au-dessous du conduit biliaire, et le petit tout près de ce conduit. Le *chat* offre deux canaux pancréatiques, dont l'ouverture dans l'intestin se fait dans des points très variables; le plus souvent l'un d'eux s'abouche avec le canal cholédoque. Les *lapins* ont un canal pancréatique principal qui vient s'ouvrir à 30 ou 35 centimètres au-dessous de l'ouverture pylorique; parfois on rencontre un très petit conduit accessoire aboutissant au canal cholédoque, ou très près de lui. Chez le *cheval*, le gros conduit s'abouche avec le canal cholédoque, et le petit arrive à l'intestin, 5 à 7 centimètres au-dessous du premier. Le canal pancréatique principal du *bœuf* s'ouvre à 40 ou 50 centimètres plus bas que le canal biliaire. Celui du *mouton* et de la *chèvre* se rend dans le canal biliaire, plusieurs centimètres avant l'ouverture de celui-ci dans l'intestin.

SALIVE, SUC GASTRIQUE ET SUC INTESTINAL.

Ces trois fluides ont été examinés plus haut à propos de la DIGESTION (*).

La *salive* a dû fixer successivement notre attention sous le triple rapport de ses *usages mécaniques* dans la mastication et la déglutition, de sa *composition* et de son

(1) *Tractatus anatomico-medicus de succi pancreatici natura et usu*, 1671.
(2) *Anatomie comparée*, t. III.
(3) *Traité de splanchnologie et des organes des sens*, trad. de Jourdan. Paris, 1845.
(4) *Mémoire sur le pancréas*, 1856, p. 7 et suiv.
(5) *Mémoires de la Société de biologie*, 1852, t. III, p. 133.

(*) Voir ce chapitre, pages 114-155-176-270.

rôle chimique dans l'accomplissement du travail digestif. Ce dernier rôle, nous le rappelons, consiste à modifier les matières féculentes pour les convertir en glycose, comme font aussi le fluide pancréatique et le suc intestinal.

A l'histoire physiologique de la salive nous ajouterons ici quelques détails relatifs à l'*appareil sécréteur* de ce fluide, envisagé dans la série animale, détails que nous avons dû omettre précédemment comme ne se rattachant pas d'une manière directe à l'étude de la digestion.

On commence à rencontrer, chez les *holothurines*, des annexes glandulaires communiquant avec la partie antérieure du tube digestif, et pouvant, à la rigueur, être assimilées à des *organes salivaires*. — Les appendices regardés comme tels dans les *annélides* sont insérés soit dans le pharynx, soit sur l'origine du canal intestinal. — Chez les *céphalophores*, qui se nourrissent d'aliments solides et qui le plus souvent sont munis d'un appareil masticateur, il existe presque toujours des organes salivaires très manifestes, enveloppant l'œsophage ou l'estomac et pourvus en avant de deux canaux excréteurs revêtus d'un épithélium ciliaire. — Les précédents organes, composés d'un grand nombre de tubes glandulaires formant tantôt plusieurs lobes et tantôt une seule masse, offrent un notable développement chez les *céphalopodes*. — Parmi les *crustacés*, les myriapodes présentent des glandes salivaires très distinctes, dont les conduits excréteurs s'ouvrent dans la cavité buccale; elles manquent complétement aux autres crustacés. — Au contraire, on les retrouve chez la plupart des *arachnides :* les ixodes, en particulier, en ont de très volumineuses qui consistent en deux gros amas de vésicules pourvus de canaux excréteurs ouverts dans la cavité buccale, à la base de la lèvre inférieure. — La plupart des *insectes* sont munis d'organes salivaires consistant en une ou deux, rarement trois paires de tubes incolores et d'inégales longueurs. Dans les acridides, les blattides, les locustides, etc., ces organes, d'ailleurs très développés, se composent de deux, quatre ou six grappes de glandes vésiculeuses, placées dans le thorax et pourvues de longs canaux excréteurs. Chez les cimicides, la structure des glandes salivaires mérite surtout de fixer l'attention : presque toujours elles sont lobulées et divisées, par un étranglement, en deux portions. Indépendamment de ces deux glandes divisées, beaucoup de cimicides ont encore une, rarement deux paires de tubes salivaires simples qui, à leur extrémité, se dilatent parfois en une espèce de vésicule.

Les glandes salivaires paraissent manquer à tous les *poissons*. Cependant Rathke et J. F. Meckel disent les avoir rencontrées dans quelques espèces.

Les *batraciens* et les *reptiles* à respiration branchiale se rapprochent des poissons, en ce qu'ils ne possèdent point de véritables glandes salivaires; leur bouche et leur langue sont tapissées de couches glandulaires sécrétant un mucus gluant, qui, jusqu'à un certain point, tient lieu de véritable salive. Les *sauriens* et les *ophidiens* ont de vraies glandes salivaires. On en reconnaît de trois sortes chez les serpents : une glande sublinguale, des glandes labiales gingivales, et des parotides ou des glandes vénénifères proprement dites dans certaines espèces. Les glandes parotides sont très volumineuses chez les serpents venimeux : placées derrière l'orbite, au-dessus de l'articulation de la mâchoire, et comprimées par un muscle particulier, elles se vident ordinairement par une dent plissée et creuse, logée, avec plusieurs germes d'autres dents semblables, dans un sac membraneux et fendu.

La salive des *oiseaux* est généralement épaisse, visqueuse; elle offre surtout ce caractère dans le pic, où elle forme sur la langue un enduit gluant dont l'animal se

sert pour attraper sa proie. C'est principalement chez les oiseaux qui vivent de substances végétales, que les glandes salivaires sont le plus développées. Ces organes, plus petits chez les oiseaux de proie, y sont aussi plus nombreux. Il y en a de cinq sortes dans l'autour : deux, situées au-dessus de l'articulation de la mâchoire, rappellent les glandes vénénifères de certains serpents et sont en même temps analogues aux parotides de l'homme ; deux autres, placées au palais, versent la salive par deux conduits situés à la voûte palatine, vers la pointe recourbée du bec ; les autres occupent la partie inférieure de la cavité orale.

Parmi les *mammifères*, les cétacés vrais sont dépourvus, comme les poissons, de glandes salivaires. Au contraire, ces glandes sont très volumineuses chez les cétacés herbivores. En général, ainsi que cela s'observe dans la classe des oiseaux, ces glandes sont d'ailleurs plus développées chez tous les mammifères herbivores. Les trois paires qui existent dans l'espèce humaine se retrouvent habituellement dans les autres ordres de mammifères : toutefois, rudimentaires chez les phoques, les parotides manquent à l'échidné et au fourmilier ; les cétacés herbivores ne possèdent que deux parotides volumineuses, et la plupart des marsupiaux n'ont pas de glandes sublinguales (R. Owen). — Le volume relatif des trois paires de glandes salivaires est variable. Cuvier (1), qui donne pour principal usage à la salive d'humecter la bouche et d'enduire les substances alimentaires, afin de les faire glisser dans l'œsophage et d'en faciliter la déglutition, fait observer que le volume des diverses glandes salivaires est, jusqu'à un certain point, en rapport avec la disposition des dents et avec la partie de la bouche dans laquelle l'aliment éprouve le plus d'action de la part de ces dernières : les glandes sous-maxillaires sont surtout remarquables par leur volume chez les rongeurs, pour correspondre à l'activité spéciale que déploient les dents incisives, et ce sont les parotides qui acquièrent le volume relatif le plus considérable dans les ruminants et les solipèdes, où ces glandes font couler principalement la salive aux environs des dents molaires, qui sont les plus actives. La sécrétion est même accrue encore, chez le bœuf et la brebis, par une glande particulière qui est située dans la fosse zygomatique et l'orbite, et que Nuck a observée aussi chez le chien, avec quelques modifications.

Les glandes salivaires des mammifères appartiennent à la classe des *glandes en grappe* composées (p. 897).

Nous n'avons rien à ajouter ici relativement à la *sécrétion du suc gastrique et du suc intestinal*, et aux usages de ces deux fluides dans la digestion (voir ci-dessus, p. 176, 270).

SÉCRÉTION DES LARMES.

Ce n'est qu'en traitant du sens de la vue et des parties protectrices de l'œil que nous procéderons plus loin à l'étude de la *sécrétion des larmes*.

DES REINS ET DE LA SÉCRÉTION DE L'URINE.

I. — Nous avons vu combien, dans les espèces inférieures, il était difficile de déterminer ou de reconnaître le foie réduit à son élément fondamental (cellules hépatiques) ; des difficultés encore plus grandes se présentent pour la détermina-

(1) *Anat. comp.*, t. IV, 1re partie.

tion des reins, qui, d'ailleurs, paraissent avoir, dans le règne animal, une existence aussi générale que le foie. Ehrenberg décrit bien, dans les rotifères, deux corps granduliformes situés auprès du canal intestinal, mais il pense qu'on doit les regarder plutôt comme des organes salivaires que comme des organes urinaires. L'existence de ceux-ci ne saurait plus être contestée chez les mollusques où s'opère une sécrétion d'acide urique signalée par Jacobson (1). Dans le plus grand nombre des céphalophores, le rein consiste en une glande de structure lamelleuse, placée généralement dans le voisinage de la veine branchiale ou pulmonaire principale. Son canal excréteur accompagne le rectum, et aboutit fréquemment auprès de l'anus. Beaucoup d'auteurs croient devoir considérer comme les reins des insectes les *vaisseaux de Malpighi*, qu'on rencontre généralement chez ces animaux dans leurs divers états de développement; ils appuient leur opinion sur la présence reconnue de l'acide urique dans le produit de ces organes.

Dans le dernier ordre des *poissons* (les branchiostomes), les reins consistent en plusieurs corpuscules isolés et situés dans le voisinage du pore abdominal. Des petits lobules séparés et très vasculaires constituent ces organes chez les myxinoïdes (J. Müller); et chacun de ces lobules communique avec une petite poche qui est en rapport, à l'aide d'un canal grêle et court, avec une autre aboutissant à l'uretère. La vessie manque encore et les uretères viennent s'ouvrir dans une papille placée au devant de l'anus. Il y a un rudiment de vessie urinaire chez les plagiostomes. Les reins des esturgeons sont très allongés et s'étendent depuis la cavité branchiale jusqu'à l'extrémité de la cavité abdominale; l'uretère longe le bord interne de chaque rein, et, après avoir reçu le canal déférent ou l'oviducte de son côté, finit par s'ouvrir derrière l'anus. Ils occupent aussi, en général, toute la longueur de la cavité abdominale des poissons osseux, et sont néanmoins proportionnellement moins gros chez les poissons plus parfaits que les autres sous plusieurs rapports, c'est-à-dire dans les raies et les squales (Cuvier). — Quant à leur structure, les reins des poissons (d'ailleurs si intimement unis qu'on peut les regarder comme ne formant tous deux qu'un seul corps) semblent formés d'une masse entièrement homogène et rappelant la substance de la rate humaine.

La division en deux reins devient plus manifeste chez les *reptiles*, où ces organes offrent pourtant un volume relatif moindre que dans la classe précédente. Les reins de la salamandre rappellent beaucoup ceux des poissons par leur étendue et leur forme allongée. Ils sont plus ramassés et plus ovales dans les tortues, et offrent en outre à leur surface des divisions qui simulent les circonvolutions cérébrales. Les *uretères* offrent une longueur variable suivant la distance à laquelle les reins se trouvent du cloaque : ils sont courts dans les grenouilles, les salamandres et les sauriens, et au contraire très longs dans les ophidiens. La *vessie*, qui existe chez tous les reptiles nus, et, parmi les reptiles écailleux, chez les sauriens et les chéloniens, vient s'ouvrir dans la paroi postérieure du cloaque. Souvent, dans les tortues et les grenouilles, elle occupe une grande partie de la cavité abdominale, distendue qu'elle est par un liquide aqueux et clair. Dans les ophidiens, les boas surtout, Davy (2) a signalé, entre le cloaque et le rectum, un réservoir particulier d'urine, séparé de ces deux organes par des muscles sphincters ; ici l'urine ressemble à de la bouillie et consiste en acide urique presque pur.

(1) *Journal de physique*, t. XCI, p. 318.
(2) MECKEL'S *Archiv*, t. VI, p. 346.

Les reins des *oiseaux* ont généralement un volume assez considérable. La prédominance de la respiration, la diminution de la perspiration cutanée, qui, même chez l'homme, entraîne une activité plus énergique de la sécrétion rénale, et aussi la faible quantité d'eau qui s'échappe par les voies respiratoires (les oiseaux n'ayant jamais l'haleine vaporeuse, même pendant les froids les plus vifs), telles sont les causes que Tiedemann (1) et Carus (2) croient devoir assigner à la proportion considérable de la masse des reins dans ces animaux. Les uretères, qui sont contractiles, se portent derrière le rectum et aboutissent à la cavité uro-génitale, en dedans des orifices des organes génitaux. Il n'y a point de vessie urinaire chez les oiseaux.

Avant de passer à l'étude de la texture intime du rein chez les *mammifères* et l'homme, rappelons que, chez les poissons, les reptiles et les oiseaux, cet organe reçoit, outre le sang que lui donne l'artère rénale, du sang noir qui provient des parties postérieures du tronc et des membres. Les veines qui ramènent le sang de ces parties, au lieu de se joindre entièrement au tronc de la veine cave postérieure, donnent des branches qui se distribuent, les unes dans le rein, les autres dans le foie, de manière à constituer des *veines portes rénales* et *hépatiques*. Ces observations, qui sont dues à Jacobson (3), ont subi des objections de la part de G. Cuvier, de J. F. Meckel, etc. Mais les recherches plus récentes de Rich. Owen (4), de Hyrtl (5), de Bonsdorff (6) de Gratiolet (7), de S. Jourdain (8), etc., paraissent définitivement donner gain de cause aux observations du célèbre anatomiste danois, touchant l'existence d'un *appareil porte rénal* dans les trois premières classes de vertébrés.

Considérés au point de vue histologique, chez les mammifères et chez l'homme, les *reins* appartiennent à la classe des *glandes en tubes composées*. Les uretères, la vessie et l'urètre constituent leur appareil excréteur.

Les reins sont enveloppés par une membrane fibro-élastique, très mince, fort peu adhérente, et qui s'arrête sur les vaisseaux au moment où ils pénètrent dans l'épaisseur de ces organes au niveau du hile. Cette membrane est elle-même entourée d'une capsule adipeuse qui offre plus ou moins d'épaisseur.

Une coupe transversale du rein permet de constater, à l'œil nu, qu'il se compose de deux substances distinctes : l'une périphérique ou *substance corticale*, et l'autre profonde ou *substance médullaire*. La première, d'aspect grisâtre, homogène, épaisse de 2 à 5 millimètres, envoie vers le centre de l'organe des prolongements (colonnes de Bertin) séparés par des intervalles à peu près égaux. La seconde substance, qui est blanchâtre, striée et disposée sous forme de cônes à base périphérique et à sommet central (pyramides de Malpighi), remplit les précédents intervalles : tous ces cônes, au nombre de huit à quinze, suivant les

(1) *Zoologie*, t. II, p. 542.

(2) *Anat. comp.*, trad. franç. de Jourdan, t. II, p. 287. Paris, 1835.

(3) Meckel's *Archiv*, 1817, t. III, p. 147, 154. — *Bulletin de la Soc. philom. de Paris*, avril 1813. — *De systemate venoso peculiari in permultis animalibus observato.* Hafniæ, 1821.

(4) *Lect. on the Comp. Anat. und Physiol. on the Vertebr. Anim.*, t. I, p. 284.

(5) *Denkschriften der kaiserl. Akad. der Wissenschaften zu Wien*, 1851, t. II, p. 27.

(6) *Acta Sociel. scient. Fennicæ*, 1852, t. III, p. 571.

(7) *Journal l'Institut*, 1853, p. 386.

(8) *Rech. sur la veine porte rénale des oiseaux, etc.*, thèse inaug. de la Faculté des sciences de Paris, 1860.

sujets, aboutissent au centre du rein, dans une poche membraneuse commune (*bassinet*).

Chaque pyramide de Malpighi étant indépendante, il est permis de considérer le rein comme composé de lobes distincts et parfaitement semblables, en sorte qu'il suffit d'en étudier un seul pour avoir une notion complète de la glande tout entière.

Si, de prime abord, on est conduit à admettre dans le rein deux substances d'aspect différent, il n'en est plus de même lorsque l'on vient à pénétrer plus avant dans la structure de cet organe. On trouve en effet qu'il est essentiellement constitué par de petits canaux (canalicules urinifères), rectilignes dans la substance médullaire, flexueux dans la substance corticale, mais se continuant entre eux sans interruption. — Quelle est la disposition des canalicules urinifères et comment se comportent les vaisseaux du rein? Ainsi se trouve posé le problème difficile de la texture intime de cette glande.

Le sommet de chaque pyramide de Malpighi, ou papille rénale, est creusé de trois à cinq cents petits orifices, d'où partent autant de tubes droits, cylindriques, qui ont en moyenne $0^{mm},034$ à $0^{mm},054$ de largeur : ce sont les canalicules urinifères (tubes de Bellini ou tubes droits du rein). Chacun d'eux ne tarde pas à se bifurquer; quelquefois il se divise en trois et même quatre canalicules plus petits. Ces derniers se subdivisent encore, en sorte que tous ces tubes réunis représentent bientôt une petite pyramide (pyramide de Ferrein) dont le sommet répond à la papille et la base à la substance corticale.

Les tubes urinifères, principalement ceux qui occupent le centre de la pyramide, présentent encore un trajet rectiligne en pénétrant dans la substance corticale; mais bientôt ils s'infléchissent, se contournent un grand nombre de fois sur eux-mêmes, et semblent tout d'abord entrelacés d'une façon inextricable. Cependant une étude attentive a permis de constater que, tout en devenant flexueux, ils restent parallèles et sont assez distincts des pyramides voisines pour avoir mérité le nom de *lobules du rein*. Chaque lobule renferme environ deux cents canalicules urinifères (Huschke), et chaque canalicule se termine par une extrémité renflée en vésicule renfermant dans sa cavité une petite houppe vasculaire : c'est le *corpuscule de Malpighi*.

Les corpuscules de Malpighi ont été évalués en nombre à environ deux millions (Huschke). Ils sont disséminés tout autour des lobules, et correspondent à la terminaison, ou, si l'on veut, à l'origine de chacun des canalicules urinifères. Leur diamètre est d'environ $0^{mm},14$ à $0^{mm},02$.

Les tubes urinifères offrent, dans toute l'étendue du rein, une structure identique : ils sont essentiellement constitués par une membrane propre, tapissée à l'intérieur d'une couche de cellules épithéliales. — La membrane est amorphe, très mince, transparente; elle possède néanmoins quelques fibres élastiques qui augmentent sa solidité. Elle a de $0^{mm},0009$ à $0^{mm},0014$ d'épaisseur dans les tubes droits; dans les tubes flexueux elle est plus mince, plus difficile à isoler, et n'offre que de $0^{mm},0007$ à $0^{mm},0009$ d'épaisseur, d'après les mesures dues à Kölliker. — Quant à la tunique interne ou épithéliale, elle est constituée par une seule couche de cellules polygonales, dont le caractère essentiel est de s'altérer avec la plus grande facilité. Sous l'influence de l'eau, elles se gonflent, crèvent et remplissent les canalicules de leur contenu, c'est-à-dire d'une substance finement

granuleuse, de noyaux sphériques, de gouttelettes transparentes, un peu jaunâtres, formées probablement d'albumine, de quelques gouttelettes graisseuses et plus rarement de granulations pigmentaires. Ces cellules s'altèrent très rapidement après la mort, ce qui rend leur étude difficile chez l'homme.

Les cellules des canalicules droits présentent de 0^{mm},009 à 0^{mm},014 de largeur sur 0^{mm},009 d'épaisseur, tandis que celles des canalicules flexueux, un peu plus volumineuses, offrent de 0^{mm},028 à 0^{mm},027 de largeur sur 0^{mm},01 d'épaisseur.

Nous avons vu déjà que chacun des tubes flexueux du rein se termine par une vésicule renfermant une touffe vasculaire, ou *corpuscule de Malpighi*. Il nous reste à exposer la texture de ce corpuscule; mais auparavant il importe de savoir comment se comportent les artères du rein. — Née de l'aorte abdominale, l'artère rénale, ordinairement unique de chaque côté, se dirige horizontalement vers le hile du rein correspondant, et là fournit un certain nombre de branches qui pénètrent en divergeant dans l'organe, gagnent les colonnes de Bertin et les traversent en leur abandonnant de nombreuses divisions. Arrivée à l'union des deux substances, chaque division artérielle, tantôt indépendante, tantôt communiquant avec celle de l'espace voisin, forme une arcade qui entoure la base de la pyramide de Malpighi : de la convexité de cette arcade, partent un grand nombre de rameaux parallèles qui se dirigent vers la périphérie du rein. Sur les côtés, ils fournissent plusieurs ramuscules dont la plupart se terminent en s'enroulant un grand nombre de fois sur eux-mêmes pour former les *glomérules* de Malpighi ; quelques-uns vont néanmoins directement s'aboucher avec le système capillaire de la substance corticale.

Les *corpuscules de Malpighi*, organes essentiels de la sécrétion rénale, sont disséminés dans la substance corticale, et peuvent être aperçus à l'œil nu, surtout si les artères du rein ont été préalablement et finement injectées. Ils se présentent alors sous la forme de points rouges ayant parfois le volume d'une tête d'épingle. — Deux parties distinctes forment ces corpuscules : une *capsule* enveloppante, et une touffe vasculaire ou *glomérule* contenu dans cette capsule. — La plupart des anatomistes actuels se rangent à l'opinion de W. Bowman (1), qui regarde la capsule comme n'étant autre chose que l'extrémité dilatée en ampoule des conduits urinifères. La membrane propre de la capsule est un peu plus épaisse que celle des tubes urinifères (0^{mm},001 à 0^{mm},0018). Elle est tapissée à sa surface interne d'une couche de cellules épithéliales à peu près analogues à celles des tubes, et s'applique immédiatement sur le *glomérule*.

Pour former ce dernier, un rameau artériel perfore la capsule et se divise aussitôt en cinq ou six ramuscules, qui fournissent eux-mêmes un grand nombre de capillaires enroulés et ne communiquant pas entre eux. Ces capillaires se reconstituent au centre du glomérule en un tronc unique, qui sort de la capsule à peu près au niveau du point où avait pénétré l'artère et sur un point opposé à l'embouchure du tube urinifère. Chaque glomérule présente donc un vaisseau afférent et un vaisseau efférent. Ce dernier n'est pas encore une veine en sortant du glomérule; il va se perdre dans le réseau capillaire de la substance corticale du rein.

La surface de chaque glomérule est-elle tapissée par une couche de cellules? Ce

(1) *On the Structure and Use of the Malpighian Bodies of the kidney* (*Philos. Transact.*, 1842, I, p. 57).

fait paraît avoir été mis hors de doute par les recherches récentes d'Isaacs (1). Pour démontrer leur présence, cet auteur a injecté des solutions aqueuses et éthérées dans l'uretère de façon à faire éclater la capsule, les artères étant préalablement injectées. Il a pu reconnaître ainsi, sur les glomérules des reins de l'ours noir, du chat et du raton, des cellules à noyau un peu plus volumineuses que celles qui tapissent la surface interne de la capsule.

La substance corticale et la substance médullaire présentent un réseau capillaire un peu différent. Celui de la substance corticale est constitué par des vaisseaux extrêmement multipliés qui enveloppent dans leurs mailles polygonales les tubes flexueux. Ces mailles ont de $0^{mm},01$ à $0^{mm},03$ de diamètre. Les capillaires des pyramides et ceux de la substance corticale, qui en sont très voisins, pénètrent entre les tubes de Bellini jusqu'au niveau de la papille et les enveloppent dans leurs mailles, qui sont plus larges et plus allongées que les précédentes. Ces deux réseaux se confondent à la base des pyramides.

Les radicules de la veine rénale naissent de deux points différents : il en est qui partent de la superficie de l'organe, et qui prennent souvent, en se groupant autour des lobules, une forme étoilée ; on les appelle *étoiles de Verheyen*. Elles pénètrent entre les lobules du rein, s'accolent aux artères, reçoivent sur leurs côtés, et souvent à angle droit, les veines des lobules voisins, et se réunissent bientôt pour former des troncs plus volumineux qui gagnent le hile du rein dans l'intervalle des pyramides. Mais il est aussi d'autres veines qui naissent du sommet des papilles, montent entre les tubes droits de la substance médullaire, reçoivent dans ce trajet les veines de la substance corticale les plus rapprochées de la pyramide, et vont enfin s'ouvrir à la base de celle-ci, dans des veines plus volumineuses, pour suivre ensuite le même trajet qu'elles. Les veines rénales sont dépourvues de valvules.

Les lymphatiques du rein, peu abondants, ne sont pas encore très bien connus. On en a décrit de superficiels et de profonds, qui se réunissent au niveau du hile et vont de là se jeter dans les ganglions lombaires. — Les nerfs viennent du grand sympathique, mais on ignore complétement leur mode de terminaison dans l'intérieur de l'organe.

Quelques anatomistes avaient nié la présence du tissu cellulaire dans le parenchyme rénal : les recherches d'Isaacs tendent à établir qu'il y existe au contraire en assez grande abondance, et qu'il forme une sorte de gangue ou stroma environnant de toutes parts les tubes urinifères.

W. Bowman (2) a signalé la présence de cellules vibratiles dans la partie du tube urinifère qui fait suite à la capsule (chez les serpents et les tortues), cellules vibratiles qui sont disposées de façon à faciliter la progression des urines vers le bassinet. On n'est pas d'accord sur la question de savoir s'il en existe de semblables chez les mammifères. Isaacs, qui s'est beaucoup occupé de cette question, a constaté, dans les reins du chien, la présence de cellules isolées et jouissant d'un mouvement vibratile ou rotatoire, mais il n'a jamais rencontré de cellules épithéliales portant des cils. Aucun auteur, que nous sachions, n'en a découvert chez l'homme.

(1) *Journal de physiologie de l'homme et des animaux*, juillet 1858, p. 577.
(2) *Mém.* et *Rec. cit.*

II. — Les reins sont chargés d'éliminer toutes les matières, liquides ou solubles dans l'eau, qui passent en excès dans le sang au moment de la digestion, aussi bien que celles qui proviennent des phénomènes de nutrition accomplis dans l'intimité des tissus. Cet usage des reins constitue la *sécrétion urinaire*, dont la continuité ne saurait être longtemps interrompue sans danger pour l'organisme.

Aussi, de tout temps, a-t-on fait jouer à cette sécrétion un rôle important, alors que l'on ne connaissait encore que les caractères physiques de l'urine. C'est seulement fort tard qu'on a commencé à acquérir quelques notions sur le mode de sécrétion de ce liquide et sur sa composition : il faut arriver aux travaux de Rouelle jeune, de Scheele, de Wollaston, de Cruikshank, Vauquelin et Fourcroy, pour trouver des analyses plus ou moins exactes concernant cette composition.

Nous savons déjà que la sécrétion urinaire a lieu chez tous les vertébrés, chez les mollusques et quelques insectes; mais son produit offre des différences assez notables suivant les espèces animales.

Avant d'étudier en elle-même la sécrétion propre aux reins, nous avons à rappeler les principaux caractères physiques et chimiques de l'urine.

Dans l'espèce humaine, l'urine, à l'état normal, est un liquide limpide, de couleur jaune clair ou jaune brun, de saveur amère et légèrement salée, d'une odeur nauséabonde caractéristique. Sa densité, très variable, se trouve ordinairement comprise entre 1,015 et 1,030. Sa réaction est acide. Après son émission, l'urine ne tarde pas à se décolorer, à déposer des sels, à devenir alcaline et à exhaler une odeur ammoniacale très marquée.

Analyse de l'urine normale chez l'homme, d'après BERZELIUS (1).

Eau	933,00
Urée	30,10
Acide lactique libre Lactate ammonique Extrait de viande soluble dans l'alcool Matières extractives solubles seulement dans l'eau	17,14
Acide urique	1,00
Mucus vésical	0,32
Sulfate potassique	3,71
Sulfate sodique	3,16
Phosphate sodique	2,94
Phosphate ammonique	1,65
Chlorure sodique	4,45
Chlorure ammonique	1,50
Phosphate calcique et phosphate magnésique	1,00
Silice	0,03
	1000,00

Plus tard, en étudiant les phénomènes relatifs à la *Nutrition*, nous ferons connaître les différences qu'ont offertes à l'analyse les urines de divers animaux.

Les caractères de l'urine humaine varient suivant le moment de son émission : l'urine du matin (dite urine du sang), l'urine des boissons et l'urine des aliments diffèrent, en effet, d'une manière sensible. Aussi, pour leurs analyses, la plupart des chimistes ont-ils pris toute l'urine rendue dans les vingt-quatre heures. —

(1) *Traité de chimie*, trad. franç. de Esslinger. Paris, 1833, t. VII, p. 392.

L'urée, par exemple, dans une analyse faite par J. F. Simon (1), à trois époques différentes de la journée et sur le même individu, existait dans la proportion de 8,40, 7,57, 16,26 pour 1000.

La réaction acide de l'urine serait due, suivant Berzelius, à la présence d'une certaine quantité d'acide lactique libre. Mais, dans ses expériences, Liebig affirme n'avoir jamais rencontré cet acide : il admet que l'acidité de l'urine fraîche est due aux acides hippurique et urique. Suivant d'autres auteurs, on doit la rapporter à la présence du phosphate acide de soude.

L'urine, abandonnée à elle-même, s'altère rapidement, elle devient alcaline ; mais il faut, pour cela, qu'elle soit laissée au libre contact de l'oxygène, car, conservée dans des vases bien clos, elle ne perd ni son acidité, ni sa transparence, ni son odeur primitives. Liebig pense que, dans le premier cas, l'oxygène se fixe sur les matières extractives azotées contenues dans l'urine, qu'il les transforme en ferments sous l'influence desquels l'urée devient bientôt du carbonate d'ammoniaque.

La surface du liquide ne tarde pas à se couvrir d'une pellicule blanchâtre, et des cristaux de phosphate ammoniaco-magnésien se déposent sur les parois du vase.

Tous les principes constituants de l'urine sont tenus en dissolution ou en suspension dans l'*eau*, dont la proportion, ainsi que le prouve l'analyse de Berzelius, est de 933 sur 1000. — D'après Becquerel et Rodier (2), la moyenne générale de la quantité d'eau rendue en vingt-quatre heures, à l'état physiologique, serait de 1282^{gr},634.

Nous verrons plus loin, à propos des modifications que diverses influences impriment à la sécrétion urinaire, combien la quantité d'eau est sujette à varier.

L'*urée* est le principe constituant de l'urine le plus remarquable à tous égards ; c'est à l'urée que ce liquide doit une partie de ses caractères les plus essentiels.

Rouelle le jeune fit le premier connaître l'urée, en 1773, sous le nom d'*extrait savonneux* de l'urine. Puis vinrent les recherches de Cruikshank, celles de William Prout, Fourcroy, Vauquelin, Wœhler, Liebig, Prévost et Dumas, etc.

Pour obtenir ce principe immédiat, qui est de toutes les matières azotées connues la plus riche en azote, il faut d'abord faire évaporer l'urine jusqu'à consistance de sirop très clair, puis ajouter à ce liquide son volume d'acide azotique pur à 24 degrés ; alors on entoure le mélange d'un bain de glace, et bientôt des cristaux se précipitent. Ces cristaux sont de l'azotate d'urée qu'on recueille et lave avec de l'eau à zéro ; puis on les fait égoutter et on les comprime entre des doubles de papier joseph. Alors ils sont redissous dans l'eau et mis à digérer avec du charbon animal. A l'azotate d'urée ainsi obtenu, on ajoute du carbonate de potasse afin de séparer l'acide azotique ; en évaporant à sec et reprenant la masse par l'alcool très rectifié, on dissout l'urée devenue libre, sans dissoudre le nitrate ni le carbonate de potasse. La dissolution alcoolique évaporée fournit des cristaux d'urée.

L'urée ainsi obtenue se présente sous la forme de longs prismes aiguillés, parfaitement blancs. Elle est d'une saveur fraîche et piquante ; sa densité est de 1,35. Elle se dissout dans son propre poids d'eau froide ; cette dissolution s'altère lentement à l'air et se convertit en carbonate d'ammoniaque.

(1) *Handbuch der angewandten med. Chemie*, etc. Berlin, 1840.
(2) *Traité de chimie pathologique*, p. 273. Paris, 1854.

L'urée se rencontre principalement dans l'urine de l'homme et de tous les animaux qui se nourrissent d'aliments fortement azotés. Sa présence tient beaucoup, en effet, à l'alimentation; car, si l'on soumet un herbivore à un régime plus azoté que de coutume, ou bien à l'abstinence (ce qui revient au même, puisque, dans ce dernier cas, l'animal vit aux dépens de sa propre substance), on observe de l'urée dans ses urines parfois en si grande quantité, qu'elle se dépose spontanément sous forme de cristaux. La sécrétion de ce principe est beaucoup moindre pendant l'alimentation avec des graines ou bien avec des matières amylacées. L'ingestion de substances gélatineuses donne lieu, au contraire, à la production d'une assez grande quantité d'urée : n'étant pas assimilées, ces substances sont décomposées dans le sang, et l'urée, résultat de cette décomposition, est excrétée par les reins. Toutefois nous verrons plus loin que l'urée ne provient pas exclusivement de l'oxydation directe d'une portion des aliments azotés.

Suivant certains observateurs, l'addition d'une assez grande quantité de chlorure de sodium aux aliments augmente la proportion d'urée. Il en serait de même pour les causes qui activent la circulation.

Les âges et les sexes font aussi sentir leur influence sur les proportions de l'urée. D'après les recherches de Le Canu (1) : « 1° L'urée est sécrétée en quantités égales, pendant des temps égaux, par un même individu. — 2° Elle est sécrétée en quantités variables, pendant des temps égaux, par des individus différents. — 3° Les quantités variables d'urée que des individus différents sécrètent pendant des temps égaux sont en rapport avec le sexe et l'âge de ces individus : elles sont plus grandes chez les hommes dans la force de l'âge que chez les femmes, et plus grandes chez celles-ci que chez les vieillards et les enfants. — En négligeant les fractions, la moyenne d'urée excrétée en vingt-quatre heures a été 28 grammes pour les hommes; pour les femmes, 19; pour les vieillards, 8; pour les enfants de trois ans environ, 13; et pour les enfants de quatre ans, 4. »

Jusqu'à Prévost et Dumas, il était admis que l'urée se formait dans le rein. Mais, dans une expérience célèbre où ils enlevèrent cet organe à des animaux, ces deux observateurs reconnurent la présence de l'urée dans le sang; d'où l'on inféra bientôt que le rein ne représente qu'une sorte de filtre à travers lequel passeraient les éléments constituants de l'urine.

Si l'urée existe dans le *sang*, il ne paraît guère que ce soit à un autre titre que comme produit excrémentitiel qu'elle concourt à la composition de ce liquide. Mais dans quelle partie de l'organisme se forme-t-elle? Les analyses du sang normal n'en avaient pas d'abord dénoté la présence, attendu que ce principe immédiat y existe en quantité très faible (*). Dans ces derniers temps, Wurtz, ayant analysé la *lymphe* du chien, du cheval et du bœuf, y a trouvé une proportion d'urée beaucoup plus forte que celle qui est normalement contenue dans le sang (**). L'urée qui existe dans ces deux liquides provient à la fois de l'oxydation directe dans le sang d'une portion des aliments azotés, et des métamorphoses qui se passent dans l'intimité même des tissus; elle est le dernier terme des oxydations successives qu'y éprouvent les matériaux azotés devenus impropres à la

(1) *Annales des sciences nat.*, 1839, t. XII, p. 92.

(*) La proportion de l'urée dans le sang normal serait de 0,018 pour 100 d'après Marchand, et de 0,016 selon J. Picard.

(**) Environ 2 pour 1000.

vie. Du reste, ces oxydations ne paraissent point se passer seulement dans le système capillaire sanguin, mais sur place en quelque sorte, dans la trame des organes, partout où les matériaux constituants ont besoin d'être détruits et renouvelés.

L'urée ne se rencontre pas seulement dans le sang et la lymphe. — Millon (1) en a trouvé dans l'humeur vitrée; on en a rencontré aussi normalement, dit-on, dans la salive, dans le suc gastrique, et l'on a été ainsi amené à considérer l'urée comme un produit généralement répandu dans l'économie.

Lorsque les reins ont été enlevés, l'urée, n'étant plus éliminée, reste dans le sang, et alors surviennent une série de symptômes groupés sous le nom d'*urémie*. Ce sont des phénomènes assez analogues à ceux que produit l'opium, et accompagnés de convulsions qui peuvent entraîner la mort.

L'urée est-elle donc un poison? Divers expérimentateurs assurent avoir pu en injecter dans le sang une assez forte proportion sans avoir déterminé des accidents appréciables (*). — Les précédents phénomènes morbides ont été attribués à la décomposition de l'urée en carbonate d'ammoniaque, supposition qui n'est pas encore suffisamment reconnue exacte. Le carbonate d'ammoniaque, injecté dans le sang, détermine bien quelques accidents nerveux, mais n'amène point nécessairement la mort.

Quelle est la voie d'élimination de l'urée après l'ablation des reins? Cl. Bernard (2) conclut de ses expériences à ce sujet: — 1° Qu'après l'ablation de ces organes, les sécrétions intestinales, et particulièrement la sécrétion gastrique, augmentent beaucoup de quantité et qu'elles changent de type, c'est-à-dire qu'au lieu de rester intermittentes et de ne se former que dans le moment du travail digestif, ces sécrétions se produisent, comme le faisait l'urine, d'une manière continue, aussi bien pendant le jeûne que pendant la digestion; — 2° Qu'indépendamment de cette augmentation dans la quantité des sécrétions gastro-intestinales, il intervient encore, après l'ablation des reins, dans ces mêmes sécrétions un élément chimique de plus, qui est l'ammoniaque sous forme de combinaison saline (**); — 3° Que l'élimination abondante de liquides ammoniacaux par l'intestin persiste tant que l'animal (chien) reste vivace, tandis que, quand il s'affaiblit, les sécrétions intestinales diminuent et se tarissent progressivement; que c'est aussi à cette période de l'expérience que l'urée commence à s'accumuler dans le fluide sanguin.

L'*acide urique* est une autre substance organique azotée de l'urine, qu'on regarde comme le produit d'un travail de combustion éliminatoire moins avancé que pour l'urée, et dont il faut sans doute rapporter l'origine à une oxydation incomplète des vrais principes immédiats du sang. Découvert par Scheele, qui lui donna le nom d'*acide lithique*, il est rarement à l'état libre dans l'urine de l'homme

(1) *Etudes de chimie organique*. Lille, 1849.

(*) Toutefois GALLOIS (*Comptes rendus de la Soc. de biol.*, 1857, p. 52) a constaté que l'*urée* qui, introduite dans l'estomac des lapins, passe intacte dans l'urine, et par conséquent d'abord dans le sang, est un poison énergique à la dose de 20 grammes, pour un animal pesant 2 kilogrammes et que celui-ci succombe dans les convulsions et le tétanos.

(2) *Leçons sur les liquides de l'organisme*. Paris, 1859, t. II, p. 49.

(**) Ce n'est donc pas de l'urée en nature qui se retrouve dans les produits du tube digestif, ce sont des sels ammoniacaux : cela tient à une réaction secondaire, en vertu de laquelle l'urée se transforme, au contact des membranes intestinales, en carbonate d'ammoniaque.

où le plus souvent il est uni à la soude. Cet acide se rencontre aussi dans l'urine d'un grand nombre d'animaux : c'est ainsi que les urines des oiseaux, des serpents et des mollusques sont presque uniquement composées d'acide urique. On sait que l'engrais, si usité sous le nom de *guano*, consiste essentiellement en urate d'ammoniaque provenant des excréments d'oiseaux qui habitent plusieurs des îles de la mer du Sud. — L'acide urique n'existe point dans l'urine des herbivores, il y est remplacé par l'*acide hippurique.*

Chez l'homme, l'acide urique se dépose au fond du vase sous la forme d'une poudre jaune ou jaune rougeâtre. A l'état cristallin, il est blanc, insipide et inodore.

Pour l'extraire de l'urine, il faut réduire ce liquide à consistance sirupeuse et alors le traiter par l'alcool à 36°. Il se forme un précipité insoluble formé par différents sels, et aussi par de l'acide urique et des urates. Ce précipité est lavé avec de l'alcool, puis traité par l'eau distillée aiguisée d'acide chlorhydrique qui dissout les sels. On filtre, et le résidu qu'on obtient, consistant en une poudre d'un blanc grisâtre, est de l'acide urique (1).

L'acide urique peut aussi s'obtenir en broyant des calculs urinaires provenant de l'homme ou les excréments des oiseaux et des serpents, et les traitant à chaud par une lessive faible de potasse ou de soude. Il suffit d'ajouter à la liqueur filtrée un excès d'acide chlorhydrique pour voir l'acide urique se précipiter d'abord sous forme de flocons, puis bientôt de petites paillettes brillantes (2).

L'acide urique, insoluble dans l'alcool, l'est très peu dans l'eau. Il se dissout dans l'acide sulfurique concentré. — Les acides urique et nitrique, mis en présence, produisent une vive effervescence. Si l'on traite la liqueur par l'ammoniaque, il se développe une couleur rouge pourpre : c'est là une réaction caractéristique de la présence de l'acide urique.

L'acide urique, avons-nous dit, est un produit d'oxydation des substances albuminoïdes moins avancée que l'urée : il n'est donc pas étonnant qu'on le trouve en plus grande proportion dans l'urine, quand les phénomènes de combustion diminuent. C'est en effet ce qui a lieu dans le cas de repos prolongé ou de vie sédentaire ; l'acide urique paraît aussi plus abondant dans l'urine des animaux à sang froid que dans celle des animaux à sang chaud.

Un régime fortement azoté et longtemps soutenu favorise la production de l'acide urique. Il résulte assez souvent du peu de solubilité de cet acide que, s'il est sécrété en quantité considérable, il se dépose dans le rein ou dans la vessie et forme alors le noyau d'un calcul.

L'acide urique existe en très petite quantité dans l'urine à l'état physiologique : sur 1000 parties d'urine, la moyenne oscille entre 0,4 et 0,6 (3).

Suivant les recherches de Le Canu (4), des individus de sexe et d'âge différents, soumis à des genres différents d'alimentation, à des influences extérieures différentes, ont rendu, dans l'espace de vingt-quatre heures, des quantités d'acide urique qui ont varié de 0,089 à 1,575. — De même que l'urée, ajoute cet observateur, l'acide urique est sécrété en quantités égales, pendant des temps égaux, par un même individu.

(1) LE CANU, *Mém. cit.*
(2) DUMAS, *Chimie physiol.*, p. 385.
(3) BECQUEREL et RODIER, *Traité de chim. path.* Paris, 1854, p. 283.
(4) *Mém.* et *Rec. cit.*, p. 283.

Comme l'urée, l'acide urique se rencontre primitivement tout formé dans le sang; il est probable qu'après la néphrotomie, il est également éliminé par l'intestin.

L'action des acides urique et nitrique l'un sur l'autre donne naissance à des produits nombreux et complexes dont nous n'avons pas à nous occuper ici, comme l'alloxane, l'uramile, l'alloxantine, la murexide, la murexane, etc.

Indépendamment de l'acide urique, quelques urines contiennent encore d'autres substances azotées : comme la xanthine, trouvée par Marcet (1); la cystine, due à Wollaston (2), et l'acide rosacique, découvert par Proust (3). C'est en analysant des calculs urinaires, que ces chimistes ont reconnu les substances précédentes qui peuvent aussi se rencontrer dans l'urine elle-même.

L'*acide hippurique* est spécial à l'urine des herbivores. Cependant, si l'on soumet ces derniers à un régime azoté ou bien à une diète absolue, on constate bientôt qu'il est remplacé par l'acide urique. Il peut apparaître dans l'urine humaine en quantité même un peu supérieure à celle de l'acide urique après un régime végétal prolongé. — L'acide benzoïque, introduit dans l'économie, y subit une transformation remarquable : cet acide, après avoir emprunté de l'azote dans l'intimité des tissus, est ensuite rejeté à l'état d'acide hippurique.

L'acide hippurique a été bien étudié par Millon (4), qui a pu en retirer 9,10 et 11 grammes d'un litre d'urine fraîche d'herbivore. Quand l'urine humaine contient de l'acide hippurique, il suffit pour l'obtenir d'y ajouter un vingtième environ de son volume d'acide chlorhydrique concentré et de laisser le mélange au repos. Après vingt-quatre heures, l'acide cristallise en longs prismes transparents, à quatre faces, terminés par un sommet dièdre. — L'acide hippurique a été aussi trouvé dans le sang de bœuf par Verdeil et Dollfus (5).

La présence de l'*acide cynuréique* n'a été constatée que dans l'urine de chien et dans de très faibles proportions. — L'*acide formique* a été signalé dans l'urine humaine normale, mais en quantité très minime. — L'*acide lactique* ne paraît point exister à l'état normal, mais se développe seulement quand il survient un trouble notable des fonctions. La fermentation acide de l'urine, principalement de l'urine des herbivores, lui donne facilement naissance. — La *créatine* et la *créatinine*, substances excrémentitielles qui se forment dans le tissu musculaire et qui résultent de la désassimilation des principes organiques de ce tissu, sont des matières azotées qu'on rencontre aussi en faibles proportions dans le liquide urinaire.

Outre l'urée, l'acide urique, et les autres substances qui viennent d'être mentionnées, l'urine renferme encore un grand nombre de sels.

Les plus constants et les plus abondants sont les *chlorures de sodium* et *de potassium*. D'après Lehmann (6), un homme adulte en évacuerait par les urines environ 10gr,5 dans les vingt-quatre heures. L'exercice et surtout l'alimentation ont une influence considérable sur la quantité des chlorures excrétés. D'après

(1) *Ann. de chim. et de phys.*, t. XIII, p. 33.
(2) *Philos. Transact.*, 1810.
(3) *Ann. de chimie*, t. XXXVI, p. 258.
(4) *Études de chimie organique*. Lille, 1849, p. 91.
(5) *Comptes rendus de la Société de biologie*, 1850, t. II, p. 79.
(6) LEHMANN, *Précis de chimie physiologique*, p. 230.

W. Prout, l'urine des agonisants est presque entièrement privée de sel marin. Suivant Le Canu (1), la présence des deux sels précédents diminue beaucoup chez les femmes et les enfants, les conditions d'alimentation restant les mêmes. Les quantités de sel marin rendues en vingt-quatre heures par des individus différents varient, suivant le même auteur, entre 7gr,550 et 0gr,016. Deux hommes mis en expérience par Le Canu ont rendu de 2 à 4 grammes de sel marin en vingt-quatre heures dans leurs urines ; tandis que deux femmes soumises à la même alimentation en ont rendu seulement de 0gr,017 à 0gr,690. — De toutes ses expériences, Le Canu conclut que les phosphates terreux, les chlorures de sodium et de potassium, les sulfates et les phosphates alcalins sont sécrétés en quantité très variable (sans aucun rapport avec le sexe ou l'âge) par des individus différents, et en quantité non moins variable, par un même individu, pendant des temps égaux. Du reste, l'urine n'est pas la seule voie d'excrétion pour ces matières salines ; on sait que la sueur les contient aussi, pour la plupart, en assez forte proportion.

L'urine renferme encore des carbonates de soude, de chaux, de magnésie, et du phosphate ammoniaco-magnésien. Ces sels varient beaucoup dans leur quantité relative suivant certaines conditions. — Selon Le Canu, les proportions de sels fixes que renfermaient les urines rendues en vingt-quatre heures par des individus de sexe et d'âge différents, ont varié d'une manière notable, chez onze individus, de 24gr,500 à 4gr,840. Ils ont aussi varié sensiblement dans les urines rendues en différentes fois, pendant des temps égaux, par un même individu. D'après le même auteur, l'urine des hommes, dans la force de l'âge, en renferme plus que celle des femmes, des enfants et des vieillards. — Au dire de Le Canu, les sels terreux, loin d'être plus abondants dans les urines des vieillards, ainsi que l'avait avancé Fourcroy, seraient au contraire en plus grande quantité dans l'urine des adultes et des enfants.

On ne trouve dans l'urine que des traces de silice et de fer. L'urine normale renferme des lamelles d'épithélium, débris de la muqueuse urinaire, et en outre une quantité plus ou moins abondante de mucus dont les globules sont en suspension dans ce liquide. On sait que la quantité de mucus augmente beaucoup dans le catarrhe de la vessie, les affections de la prostate, etc.

Il existe enfin dans l'urine des *matières* dites *extractives* dont la quantité est très variable et dont la nature reste à déterminer. — Il y a aussi des matières colorantes comme l'*uroxanthine*, l'*uroglaucine*, l'*uroïdine*, et des traces de *matières grasses* dont on peut constater la présence à l'aide de l'éther sulfurique.

III. — Nous venons de passer en revue ou d'énumérer les parties constituantes de l'urine à l'état physiologique ; mais souvent on rencontre aussi dans ce liquide des éléments anormaux sur lesquels nous nous arrêterons un instant : tels sont l'albumine, le sucre, le pus, le sang, les zoospermes, la bile.

La présence de l'*albumine* dans les urines a beaucoup attiré l'attention des pathologistes dans ces dernières années. Elle constitue une maladie que l'on a désignée tout d'abord sous le nom d'*albuminurie*. Ce mot n'a plus actuellement la même valeur et ne désigne plus qu'un symptôme, attendu que l'albumine se ren-

(1) *Mém.* et *Rec. cit.*

contre dans un grand nombre d'états morbides. Ce principe est excrété par le rein dans deux cas différents : ou bien le parenchyme de l'organe est altéré (maladie de Bright) ; ou bien, ce parenchyme est sain. La présence de l'albumine peut être liée à celle du pus ou du sang ; mais, en pareil cas, ces derniers liquides communiquent à l'urine des caractères particuliers.

Lorsque l'albumine existe seule dans le liquide urinaire, rien n'indique sa présence d'une manière positive, si l'on n'a recours à la chaleur ou à l'acide azotique, qui feront précipiter l'albumine, ou bien encore au *polarimètre albuminimètre* de A. Becquerel. Indépendamment de l'albumine, l'urine, dans la maladie de Bright, renferme encore de nombreux débris d'épithélium provenant des tubes urinifères.

L'urine peut devenir albumineuse dans un grand nombre de circonstances : quand il y a congestion des reins, dans quelques maladies aiguës fébriles, dans plusieurs maladies du cœur, les différentes hydropisies, et aussi, à l'état sain, dans les cas où la quantité d'albumine du sérum du sang se trouve tout à coup augmentée, comme l'ont vérifié plusieurs expérimentateurs sur eux-mêmes, après avoir ingéré un assez grand nombre d'œufs frais. — Le passage de l'albumine dans l'urine pendant les maladies serait dû, suivant Mialhe, à l'altération de ce principe par suite d'une plus grande quantité d'eau dans le sérum du sang. L'albumine, qui est ordinairement insoluble, non endosmotique, se transformerait par excès d'eau en albumine *caséiforme*, qui est soluble, non assimilable, et par conséquent rejetée avec les excrétions. — Enfin, le passage de l'albumine dans l'urine peut tenir à une lésion directe du système nerveux : après la lésion des pédoncules cérébraux, par exemple, Schiff (1) a reconnu, sur des lapins, que l'urine, qui avait primitivement une réaction alcaline, était devenue d'abord neutre, puis acide, et que de plus elle contenait de l'*albumine*. Depuis ces expériences de Schiff, j'ai fréquemment constaté le même phénomène après des lésions très diverses du système nerveux, et en particulier après la section intra-crânienne du nerf trijumeau : ce n'est là qu'une preuve, au milieu de tant d'autres, de l'influence du système nerveux sur les fonctions nutritives.

Le *sucre* ne se rencontre pas dans l'urine à l'état normal. Lehmann (2) pense néanmoins que le rein peut en séparer du sang, sans qu'il soit toujours possible de le constater chimiquement, parce que ce principe se détruit très rapidement dans l'urine. — Règle générale, d'après cet auteur, tant que le sang ne renferme pas 3 pour 100 de son résidu sec en sucre, celui-ci n'est pas éliminé par la sécrétion urinaire.

La présence du sucre dans l'urine caractérise la maladie connue sous le nom de *diabète*. L'alimentation a encore ici une grande influence sur la production du sucre : on peut, à son gré, rendre les animaux diabétiques en leur faisant manger une grande quantité d'aliments féculents ou sucrés. — L'urine qui contient du sucre est plus dense que l'urine normale, elle fermente spontanément, et la levûre de bière hâte beaucoup ce phénomène.

On sait que certaines lésions du système nerveux peuvent déterminer le passage du sucre dans l'urine, et déjà nous avons eu occasion de signaler particulièrement l'expérience de Cl. Bernard, dans laquelle, en piquant le plancher du quatrième

(1) *De vi motoria baseos encephali*, etc. (dissert. inaug.), p. 41. Bockenheimii, 1845.
(2) *Ouvr. cit.*, p. 237.

ventricule, il a pu rendre des animaux diabétiques à volonté. Nous n'avons pas à revenir ici sur cette intéressante expérience qui a été analysée précédemment.

On rencontre fréquemment du *sang* mélangé à l'urine et venu de différents points de l'appareil génito-urinaire. — L'urine prend alors une couleur plus ou moins foncée, quelquefois noirâtre, à cause de la quantité notable de sang qu'elle contient : dans ce dernier cas surtout, elle est sensiblement albumineuse et alcaline. Il est parfois nécessaire d'avoir recours au microscope, qui fait reconnaître les globules caractéristiques.

Il existe souvent aussi, dans l'urine, du *pus* seul ou mélangé avec une quantité plus ou moins considérable de *mucus*. — Ces produits reconnaissent pour cause les inflammations de la muqueuse urinaire (cystite, blennorrhagie, etc.). L'urine est alors louche, opaline et laisse un dépôt considérable au fond du vase ; une fois ce dépôt formé, elle reste encore trouble.

A l'analyse des urines purulentes, on trouve un principe particulier, la *mucine*, des matières grasses et de l'albumine. Le microscope décèle la présence d'un grand nombre de globules particuliers.

On a beaucoup moins fréquemment l'occasion d'observer les urines dites *chyleuses*. Les matières grasses en excès qu'elles renferment dans ce cas leur donnent l'aspect d'une émulsion. Après un repos suffisant, il se forme à la surface du liquide urinaire une couche huileuse due à la condensation des globules graisseux.

Il n'est pas rare de rencontrer du *sperme* mélangé à l'urine, principalement dans la spermatorrhée. On voit alors se déposer, au fond du vase, un nuage muqueux, et l'on reconnaît facilement, à l'aide du microscope, les animalcules spermatiques qui, d'ailleurs, sont rapidement tués par le contact de l'urine.

Si l'urine peut renfermer des éléments anormaux, elle peut aussi être modifiée dans les proportions de ses principes constituants sous l'influence de différents états morbides. Ces modifications portent principalement sur l'*eau*, l'*urée*, l'*acide urique* ou sur les *sels*.

L'augmentation ou la diminution de l'*eau* détermine dans l'urine des changements de couleur et de densité qui sont loin souvent d'avoir quelque importance, attendu que la proportion des éléments solides tenus en dissolution dans l'eau peut alors rester la même. L'augmentation de l'eau est due le plus souvent à l'ingestion d'une grande quantité de ce liquide, qui est presque immédiatement rejeté par les reins. L'eau entraîne avec elle une proportion de principes un peu plus considérable qu'à l'état normal. — Dans la polydipsie, le diabète et différents états nerveux, la quantité d'eau augmente quelquefois d'une manière très considérable : l'urine est alors claire, transparente, offre un reflet plutôt vert que jaune ; elle est peu odorante. — Au contraire, l'eau diminue sous l'influence d'un régime excitant, d'une fatigue violente ou de sueurs abondantes ; les fièvres, certaines maladies du cœur et du poumon, produisent le même résultat. L'urine est alors épaisse, rougeâtre ou rouge-brique; elle exhale une odeur forte *sui generis*.

Nous avons vu que l'*urée* est un produit de la combustion des principes azotés de l'organisme par l'oxygène atmosphérique, et que cette combustion se fait dans l'intimité des tissus. Les variations dans la proportion de l'urée indiquent donc exactement le degré d'activité de la décomposition de ces tissus, et sont intime-

ment liées aux phénomènes de nutrition. — Suivant Becquerel et Rodier (1), la moyenne de l'urée rendue par les urines, en vingt-quatre heures, varie entre 15 et 18 grammes. La plus ou moins grande proportion d'eau dans l'urine n'a que peu d'influence sur la proportion d'urée éliminée. La plupart des états pathologiques ont pour effet de diminuer la quantité de ce principe constituant de l'urine; telles sont notamment les fièvres, les phlegmasies, la chlorose et l'anémie. — On sait que la diminution de l'urée est un des symptômes du diabète; la moyenne de l'urée expulsée dans les vingt-quatre heures peut alors tomber à 4 grammes.

L'urine de l'homme, avons-nous dit, est normalement acide; lorsqu'elle devient alcaline, ce changement est dû à la transformation de l'urée en carbonate d'ammoniaque.

Après l'urée, le principe le plus important de l'urine est l'*acide urique;* nous savons déjà qu'il provient d'une combustion moins avancée des matériaux azotés par l'oxygène de l'air. Si l'insuffisance de combustion est entretenue par un vice organique, vice qu'il est d'ailleurs impossible d'apprécier, l'acide urique l'emporte en proportion sur tous les autres principes de l'urine : cet état a été désigné sous le nom de *diathèse urique.*

La quantité d'acide urique augmente sous l'influence d'une nourriture abondante et excitante, et en général de toutes les causes qui font introduire dans l'économie une proportion d'azote plus considérable qu'à l'état normal, de telle sorte que l'oxygène soit insuffisant pour en opérer la combustion. L'acide urique peut alors arriver aux proportions de 2 et 3 grammes dans les vingt-quatre heures par 1000 grammes d'urine : c'est dans ces cas qu'il se dépose en différents points de l'économie pour produire la gravelle et la goutte. — Une autre série de causes peut aussi augmenter la proportion d'acide urique : cela s'observe quand les phénomènes intimes de composition et de décomposition de nos tissus sont languissants, comme dans les fièvres, certaines maladies du cœur et du foie, et surtout la chlorose et l'anémie. La combustion étant alors trop incomplète, l'azote ne subit qu'un premier degré de transformation, d'où résulte l'acide urique.

Les *sels inorganiques* de l'urine peuvent subir des variations assez grandes. Excepté les sulfates, qui ne paraissent pas diminuer notablement, on rencontre les autres sels en moindre proportion dans les urines pathologiques : A. Becquerel a vu le chiffre de variation osciller entre 1 et 8. Il est d'ailleurs fort difficile d'arriver à des résultats exacts, car il faut tenir compte de la plus ou moins grande quantité d'eau dans laquelle sont délayés les sels, et bien distinguer la diminution absolue de la diminution relative des éléments inorganiques de l'urine.

En résumé, malgré tout le soin apporté dans ces dernières années à l'analyse des urines dans divers états pathologiques, celle-ci n'a pu servir que très secondairement au diagnostic des maladies : nous ne parlons pas ici de la présence anormale du sucre ou de l'albumine, mais seulement des changements survenus dans les proportions des *principes normaux* de l'urine. En effet, l'état de la respiration, la qualité et la quantité des boissons ou des aliments, la transpiration, etc., sont susceptibles de faire subir à l'urine du même individu des changements à de très courts intervalles, de telle sorte qu'il est toujours très difficile de faire la part des modifications imprimées par l'état morbide lui-même.

(1) *Ouvr. cit.*, p. 278.

IV. — *L'alimentation* influe notablement sur la sécrétion urinaire.

Les caractères généraux de toute l'urine expulsée dans les vingt-quatre heures nous sont déjà connus. Il nous faut maintenant signaler l'influence que peuvent exercer sur ce liquide les boissons et les aliments.

Chacun sait que l'eau ingérée en assez grande abondance est presque immédiatement éliminée par les reins : l'urine est alors pâle, claire, et moins dense qu'auparavant. Le passage rapide de l'eau par les reins entraîne une plus grande quantité de sels inorganiques, mais il y a une diminution relative considérable de l'urée et de l'acide urique (A. Becquerel).

L'urine des carnivores, avons-nous dit, est acide, tandis que celle des herbivores est alcaline. Toutefois, si l'on soumet un herbivore à un régime soutenu plus azoté que de coutume, ou bien à l'abstinence (ce qui revient au même, puisque, dans ce dernier cas, l'animal vit aux dépens de sa propre substance), on constate que le liquide urinaire présente bientôt une réaction acide comme celui des carnassiers. En pareil cas, l'urine d'herbivores devient beaucoup plus riche en urée, et l'acide hippurique y est remplacé par l'acide urique. — Ayant fait usage, pendant une huitaine de jours, d'une alimentation exclusivement animale (viande et œufs), Lehmann (1) trouva jusqu'à 53^{gr},19 d'urée dans son urine rendue dans les dernières vingt-quatre heures; puis, pendant une autre huitaine, s'étant mis à un régime exclusivement végétal, il ne trouva plus dans l'urine des dernières vingt-quatre heures que 15^{gr},41 d'urée, au lieu de 28 grammes environ qu'expulse ordinairement par ses reins l'homme adulte faisant usage d'une alimentation mixte. — Ajoutons que, si la nourriture ingérée fournit, en grande partie, les matériaux de la sécrétion urinaire, il en est aussi qui reconnaissent une origine différente : ainsi, chez l'homme et les animaux privés pendant un temps assez long de toutes espèces d'aliments, la sécrétion de l'urée continuant à se faire, il est manifeste que ce produit ne peut provenir alors que du travail de décomposition des tissus azotés de l'économie elle-même.

D'après les expériences de Ch. Chossat (2), la sécrétion solide de l'urine serait à son maximum d'augmentation entre la neuvième et la dix-septième heure après l'ingestion des aliments. Ceux-ci, dit cet expérimentateur, paraissent exercer, par leur *quantité*, une modification sur la répartition de la sécrétion : plus ils sont copieux, plus ils rendent abondante la sécrétion solide dans les périodes éloignées de l'ingestion ; et, en effet, ajoute-t-il, on conçoit sans peine comment une nourriture plus abondante peut fournir plus longtemps des matériaux à éliminer. — La *nature* des aliments a paru à Chossat amener un changement en sens inverse du précédent : ainsi « un régime plus animalisé augmenterait la sécrétion proportionnellement davantage dans les périodes rapprochées de l'ingestion. » — « Il existe, ajoute encore cet expérimentateur, entre la digestion de l'aliment et la sécrétion de la partie solide de l'urine, une relation tout à fait intime et immédiate ; et, si l'on se rappelle que c'est aux environs de la troisième et de la quatrième heure que l'aliment transformé en chyle commence à couler dans les vaisseaux sanguins, on verra que constamment, peu après l'arrivée du chyle dans le sang, la sécrétion solide de l'urine commence à augmenter. » De là Chossat conclut

(1) *Loc. cit.*
(2) *Journal de physiol. expérim.* Paris, 1825, t. V, p. 145 et suiv.

que l'on ne peut se refuser à admettre que l'un de ces phénomènes soit la cause de l'autre, et que le chyle soit la véritable source de l'augmentation de sécrétion solide qui s'observe dans l'urine après la digestion.

V. — Les reins représentent des voies éliminatoires, non-seulement pour certains éléments des substances alimentaires ou des tissus mêmes de l'organisme, mais encore pour des substances qui, lui étant étrangères, ont pu être introduites accidentellement : parmi ces dernières, il en est qui sont rejetées par les urines sans avoir été modifiées, et d'autres qui subissent d'abord des modifications plus ou moins profondes. Il est aussi des substances dont la présence n'a jamais pu être constatée dans le liquide urinaire.

Wöhler (1) a fait de nombreuses expériences dans le but de déterminer quelles sont les substances qui, introduites dans le corps de l'homme ou des animaux, soit par la bouche, soit par une autre voie, passent dans les urines.

D'après cet observateur, les substances qui passent dans les urines, sans changer d'état, sont : le carbonate, le chlorate, le nitrate de potasse, l'hydro-protoferrocyanate de potasse, le sous-borate de soude, l'hydrochlorate de baryte, le silicate de potasse, le tartrate de nickel et de potasse ; beaucoup de principes colorants, comme celui de l'indigo en dissolution dans l'acide sulfurique, celui de la gomme-gutte, de la rhubarbe, de la garance, du bois de Campêche, des betteraves, des baies d'airelle, des cerises noires, etc. — On retrouve aussi dans l'urine certains principes odorants (mais en partie avec une modification de l'odeur primitive), comme l'huile essentielle de térébenthine, le principe odorant de la valériane, de l'asa fœtida, de l'ail, etc.

On retrouve encore dans les urines, mais à l'état décomposé, les substances suivantes : l'hydro-perferrocyanate de potasse transformé en hydro-protoferrocyanate ; les combinaisons de potasse et de soude avec les acides tartrique, malique et acétique, sous forme de carbonates alcalins, et l'hydrosulfate de potasse qui se convertit en majeure partie en sulfate de potasse.

Les substances qui forment de nouvelles combinaisons avec certaines matières du corps animal, et qui sont sécrétées à cet état par les reins, sont : le soufre, qui passe dans l'urine comme acide sulfurique et hydrosulfurique ; l'iode, qui est évacué sous la forme d'un hydriodate ; les acides oxalique, gallique, succinique et benzoïque, que l'on retrouve dans les urines combinés avec un alcali.

Quant aux substances qui ne passent point dans l'urine, ce sont, d'après Wöhler : le fer, le plomb, l'alcool, l'éther sulfurique, le camphre, l'huile animale de Dippel, le musc et les principes colorants de la cochenille, du tournesol, du vert végétal et de l'alcanna. Cet expérimentateur suppose néanmoins que le fer et le plomb peuvent passer dans l'urine, mais en quantité si faible, qu'on ne saurait y démontrer leur présence. Il est prouvé aujourd'hui que le fer passe dans dans l'urine lorsqu'il a été donné à l'état métallique, et sous forme de carbonate ou de sulfate ; il en est de même du plomb, quand il a été administré combiné avec les acides phosphorique et acétique.

Wöhler, qui a cherché à expliquer la manière différente dont se comportent

(1) TIEDEMANN et TREVIRANUS, *Zeitschrift für Physiologie*, t. I, 1824. — Le travail si remarquable de WOEHLER *sur le passage des substances dans l'urine* a été traduit en français et inséré dans le *Journal des progrès des sciences et institutions médicales*, t. I, p. 41, et t. II p. 99, année 1827.

les diverses substances avec la fonction rénale, croit pouvoir conclure de ses expériences que « parmi les substances introduites dans l'économie animale, quel que soit d'ailleurs le mode d'introduction, toutes celles qui sont solubles dans l'eau ou les humeurs du corps, qui ne sont point assimilables, qui ne forment pas de combinaisons insolubles avec les principes contenus dans les humeurs et les organes, qui ne sont pas détruites par l'acte de la respiration ou par d'autres actes chimiques se passant dans l'organisme, qui ne sont pas astringentes, enfin celles qui ne sont pas assez volatiles pour être évacuées par la transpiration cutanée ou la perspiration pulmonaire, peuvent passer dans l'urine. »

Les expériences de G. A. Stehberger (1) peuvent être regardées comme le complément des précédentes : cet auteur s'est appliqué à déterminer le temps que les substances introduites dans l'estomac, ou appliquées à la peau, mettent à se montrer dans l'urine, et celui durant lequel on peut y constater leur présence. Ces expériences ont été faites sur un garçon de treize ans, atteint d'une inversion de la vessie, sujet très favorable parce que l'urine, qui coulait sans cesse par les orifices découverts des uretères, pouvait être recueillie et examinée à chaque instant.

Des substances qui avaient été prises par la bouche, Stehberger retrouva les suivantes dans l'urine : les principes colorants de la rhubarbe, des guignes (cerises noires), de la garance, des baies d'airelle, du bois de Campêche, de l'indigo, de la casse ; l'acide gallique, le principe astringent du raisin d'ours, le rob de sureau, le cyanure de potassium et de fer. — Quant aux substances ingérées dans l'estomac, qu'il ne put découvrir dans l'urine, ce furent : le principe colorant du tournesol, le principe amer du quassia, la teinture martiale de Bestucheff et l'acétate de fer. — D'après les expériences de Tiedemann et Gmelin (2), le principe colorant du tournesol serait détruit dans l'estomac et le canal intestinal.

Parmi les substances employées à l'extérieur (en bain, fomentation et friction sur la peau), Stehberger ne retrouva dans l'urine que l'essence de térébenthine et l'acétate de potasse. — Il n'y découvrit ni la garance, ni la rhubarbe, bien que Bradner-Stuart (3) et Sewell (4) eussent affirmé en avoir trouvé les principes colorants dans leurs propres urines, après être demeurés un certain temps dans un bain renfermant une décoction de ces substances.

Il est à remarquer que Stehberger n'a pu constater le passage du fer dans l'urine, ce qui ne s'accorde point avec l'assertion d'autres expérimentateurs : en effet, Kramer (5), Morin (6), Menghini (7), Tiedemann et Gmelin (8) assurent avoir vu le contraire.

Quant au temps que les substances introduites par la bouche mirent à apparaître dans l'urine, il varia entre 15 et 75 minutes. La garance apparut la première, au bout de 15 minutes, et le rob de sureau après 75 minutes. L'essence de

(1) *Journal complément. du Dictionn. des sciences médic.*, 1826, t. XXV, p. 321.
(2) *Expér. sur les voies par lesquelles diverses substances passent de l'estomac et du canal intestinal dans l'urine*, trad. franç. de Heller.
(3) *New-York Medic. Repertory*, cah. III, etc.
(4) *New-England Journal of Medicine*, t. II. Boston, 1813.
(5) *Loc. cit.*
(6) *Hist. de l'Acad. des sciences de Paris*, p. 208, ann. 1702.
(7) *Comment. Bonon.*, t. II, part. III, p. 478.
(8) *Loc. cit.*

térébenthine inspirée dénota sa présence dans l'urine, après un quart d'heure, par l'odeur de violette, tandis qu'appliquée en friction sur la peau elle ne se montra dans ce liquide qu'au bout de 25 minutes. — Stehberger reconnut encore, à l'égard de toutes les substances introduites par la bouche et qui passèrent dans l'urine, que leur excrétion par cette dernière offrait un point culminant qui varia de 1 à 4 heures.

La disparition totale des diverses substances dans l'urine eut lieu aussi à des époques différentes : ainsi le cyanure de fer et de potassium avait disparu après 3 heures 3/4, la pulpe de casse seulement au bout de 24 heures, etc.

Les sels à base alcaline, dit Kramer (1), dont font usage l'homme et les animaux, passent avec facilité dans le sang, l'urine et même (comme par exemple l'iodure de potassium) dans la sueur et la salive. — Le sang et l'urine chargés de sels alcalins s'en dépouillent très rapidement. — Les sels de baryte y passent en très petite quantité. — Quelques sels métalliques, ceux de cuivre notamment, peuvent encore être découverts huit ou dix jours après qu'on a entièrement suspendu l'usage interne de ces préparations. Le fer, suivant cet auteur, passerait assez rapidement dans l'urine, lorsqu'il a été administré par la bouche. — Enfin rappelons que d'une expérience de Kramer il résulte qu'après un traitement de cinquante jours par l'iodure de potassium, sept jours suffirent à l'élimination du composé, de sorte qu'après ce laps de temps, 385 grammes d'urine en contenaient moins de 1/50000 de gramme.

Dans le but de constater la rapidité avec laquelle se fait, par les reins, l'excrétion de certaines substances, Hering (2) a injecté du prussiate de potasse dans les veines de plusieurs animaux, et surtout des chevaux. — De ses expériences, il conclut que, « de toutes les glandes, les reins ont la part la plus grande et la plus précise à l'excrétion des substances étrangères introduites dans la circulation ; que constamment ces organes ont réagi avec les sels de fer, ou seulement dans leur substance corticale, ou en même temps dans leur substance tubuleuse, et souvent déjà dans le bassinet, même quand le prussiate de potasse n'existait que depuis *une minute* dans le corps. »

Dans la dix-septième expérience (3), sur un cheval, dans la veine jugulaire duquel on avait injecté 30 grammes de dissolution de prussiate de potasse, les réactions ne décelèrent bien manifestement la présence de ce sel que dans les substances corticale et médullaire des reins eux-mêmes (l'autopsie avait été faite 5 minutes après l'injection). Ce fait indique bien, dit Hering, que c'est dans le système capillaire des reins que commence la séparation du prussiate de potasse et du sang.

VI. — En étudiant isolément les principes constituants de l'urine, nous avons vu que la plupart étaient primitivement formés dans le sang, et que dès lors on avait été conduit à regarder le rein comme ne remplissant guère, à leur égard, que le rôle d'une sorte de filtre. Les vaisseaux de cet organe ont paru être admi-

(1) *Sur le passage des sels dans le sang et les matières sécrétées* (*Archiv. gén. de méd.*, 4e série, t. VIII, 1845, p. 214 ; et *Giornale dell'Instituto Lombardo*, 1842).

(2) *Journal complémentaire du Dictionnaire des sciences médicales*, t. XXXI, p. 315, et t. XXXII, p. 13 et suiv., 1828.

(3) *Loc. cit.*

rablement disposés à cet effet : l'artère rénale, très volumineuse et très courte, se divise en quelques gros troncs qui parviennent tout de suite à la substance corticale à travers les colonnes de Bertin, et là se partage en un nombre infini d'artérioles qui, se contournant pour former les glomérules de Malpighi, se rendent ensuite dans un réseau de capillaires extrêmement ténu. Il résulte de cette disposition que le sang, soumis à une pression considérable, est lancé fortement dans le rein, et qu'il arrive en grande quantité à la substance corticale. Ici, il rencontre un obstacle puissant à son cours par suite des inflexions des divisions des artères et du calibre des vaisseaux qui servent à la circulation de retour. — Il y a en effet dans le rein une résistance réelle opposée à la circulation veineuse ; or, l'expérience de tous les jours a démontré que cette résistance est la cause la plus puissante des transsudations du sérum du sang dans le tissu cellulaire ou dans les cavités closes pour former les hydropisies. Il s'établit donc dans le rein un travail d'exosmose et d'endosmose qui tend à rendre compte du passage de la partie aqueuse du sang dans les canalicules urinifères.

Mais, là ne se borne pas le *mécanisme de la sécrétion urinaire.* Où se fait cette exsudation aqueuse ? Est-ce dans le système capillaire ou dans le glomérule de Malpighi ? L'eau, d'une part, et les parties réellement constituantes de l'urine, d'autre part, transsudent-elles à travers les mêmes points ou à travers des points différents du parenchyme rénal ? — Ces questions ont été différemment résolues par **W. Bowman, G. Valentin, Isaacs, etc.**

Bowman (1), dont les opinions sur la structure du rein et la sécrétion urinaire sont assez généralement reçues, admet que les veines sortent du glomérule par des radicules analogues à celles de la veine porte dans les intestins, et se rendent ensuite dans le plexus veineux ; en sorte qu'aux yeux de cet auteur, il y a dans le rein un véritable système porte lié intimement à la sécrétion rénale. D'après Bowman, le glomérule n'est recouvert par aucune cellule et sert uniquement à séparer l'eau du sang ; pour l'urée, l'acide urique et les sels de l'urine, portés dans le plexus veineux, ils seraient extraits de la masse sanguine par les cellules des canalicules urinifères, cellules douées de propriété spéciale.

Cette opinion a été combattue par Isaacs, qui déclare ne pouvoir admettre le système porte rénal de Bowman, attendu qu'il n'a jamais vu les veines offrir la disposition indiquée par cet observateur. De plus, il a constamment trouvé le glomérule tapissé à sa surface par des cellules particulières qui ont déjà fixé notre attention. Comme le fait observer Isaacs, l'exsudation de l'eau du sang, à travers les membranes animales, est un fait commun et qui ne saurait exiger une disposition spéciale ; aussi est-il probable que l'agencement si complexe du glomérule a une autre destination. D'ailleurs les urines des serpents sont demi-solides et composées surtout d'acide urique : et néanmoins les reins de ces animaux contiennent un grand nombre de glomérules de Malpighi qui ne peuvent avoir pour usage d'extraire l'eau du sang.

Ajoutons qu'Isaacs a fait un grand nombre d'expériences avec des matières colorantes, l'indigo, la garance, etc. ; et toutes s'accordent à démontrer d'une manière évidente que les précédents glomérules peuvent séparer du sang les matières colorantes absorbées par la muqueuse gastro-intestinale.

Ainsi, les principaux éléments de l'urine existent tout formés dans le sang ;

(1) *Mém.* et *Rec. cit.*, p. 598.

c'est là un fait capital sur lequel on est généralement d'accord. Ces éléments sont portés dans chaque glomérule et en grande partie extraits par la couche de cellules à noyau qui le recouvre. Les substances colorantes sont également séparées par les glomérules. Mais, si l'on considère que les canalicules urinifères sont eux-mêmes tapissés par des cellules spéciales, on tendra volontiers à admettre que la séparation des éléments de l'urine qui se fait surtout par l'entremise du glomérule, continue de s'opérer dans les tubes urinifères. — En d'autres termes, les cellules du glomérule et les cellules des tubes ne paraissent point destinées, d'une manière exclusive, les unes à séparer l'*eau* du sang, les autres les *principes constituants* de l'urine : l'eau est séparée du sang par exosmose dans le réseau capillaire, et la séparation de l'urée, des sels, des matières colorantes, etc., qui a commencé à la surface du glomérule, paraît se continuer dans l'intérieur des canalicules urinifères.

La sécrétion de l'urine est *continue*, comme le démontre si bien l'inspection directe dans les cas d'extroversion de vessie observés chez l'homme. L'urine suinte donc par les innombrables orifices des pyramides de Malpighi, arrive dans le bassinet, puis parvient goutte à goutte par les uretères dans la vessie, où elle s'accumule. La contractilité des uretères aide à surmonter la résistance qui résulte du trajet même de ces canaux, trajet en partie oblique entre les tuniques vésicales. Une fois parvenue dans la vessie, l'urine distend peu à peu ce réservoir et ne peut plus refluer dans les uretères à cause de l'obliquité de leur insertion et aussi de cette distension qui contribue à maintenir appliquées les unes contre les autres les parois de la portion des uretères qui rampe entre les membranes de la vessie. Enfin, quand celle-ci a atteint à peu près le terme de sa distension, et souvent même auparavant, le besoin d'uriner se fait sentir, et bientôt, pour déterminer l'expulsion de l'urine, entrent en contraction, le diaphragme, les muscles abdominaux, ceux du périnée, et les fibres musculaires du corps de la vessie elle-même, pendant que le sphincter du col vésical se relâche. Il y a donc là un véritable effort, ayant de l'analogie avec celui qui a lieu pour expulser les matières fécales, et entraînant, chez beaucoup d'animaux, pendant qu'il s'opère, l'impossibilité d'exercices musculaires un peu pénibles, la suspension de la course et même de la marche.

VII. — D'après tout ce qui précède, il est manifeste que la sécrétion de l'urine, comme celle de la bile, sert à débarrasser le sang des matériaux en excès et par conséquent susceptibles de devenir nuisibles à l'organisme. Parmi ces matériaux, les uns, très riches en carbone, s'associent à la soude et s'échappent sous forme de bile, tandis que les autres, très azotés, donnent l'urée, l'acide urique et l'ammoniaque de l'urine. La sécrétion urinaire, en particulier, a pour office d'éliminer une grande partie de l'eau superflue introduite avec les aliments ou les boissons, beaucoup de substances étrangères que l'absorption a fait pénétrer dans l'économie, et enfin les produits azotés et salins résultant des métamorphoses des éléments du sang et des tissus. En un mot, les reins sont des organes qui contribuent à conserver le sang dans l'intégrité de composition normale et nécessaire au maintien de la nutrition et de la vie.

VIII. — Quant à ce qui concerne l'*influence du système nerveux sur la sécré-*

tion urinaire, J. Müller et Peipers (1) ont constaté que cette sécrétion pouvait s'interrompre, et que le tissu même des reins ne manquait jamais de se ramollir, après la mortification des nerfs rénaux. D'autres fois, l'urine a continué de couler, mais elle était profondément modifiée dans sa composition.

L'influence de la moelle épinière sur la sécrétion de l'urine est admise par les uns, contestée par les autres. — Après la section de la moelle épinière au voisinage des vertebres dorsales et lombaires, après sa destruction à partir de la dernière vertèbre du cou, Krimer (2) a reconnu que « l'urine devient claire comme de l'eau, et contient beaucoup de sels et d'acides, mais peu d'extractif ». L'ablation du cerveau et du cervelet, ajoute le même auteur, n'arrête pas la sécrétion urinaire, elle ne fait que changer légèrement les caractères de l'urine. Mais Brodie (3) dit avoir vu cette sécrétion se supprimer instantanément chez les animaux auxquels il avait enlevé le cerveau ; tandis que Gamage (4) affirme, avec Krimer, qu'il n'en est point ainsi. L'effet observé par Brodie a lieu, selon Krimer, non pas quand on enlève le cerveau, mais lorsqu'on détruit la moelle allongée et la portion cervicale de la moelle épinière, destruction qui nécessite l'entretien de la respiration par des moyens artificiels.

Brodie (5), Home (6) et Hunkel (7) ont observé que l'urine contenait de l'ammoniaque libre après les lésions traumatiques ou les commotions de la moelle épinière. Naveau (8) prétend au contraire l'avoir trouvée fortement acide, chez des chiens, après la section de cet organe à la région dorsale ou lombaire.

Dans les expériences que j'ai faites à ce sujet, l'urine, sans avoir été très acide, a toujours offert une acidité appréciable chez les chiens dont j'avais détruit la moelle dorsale (*) : il n'est pas permis de croire que cette urine préexistait dans la vessie, car la frayeur et la douleur avaient fait uriner les animaux, en grande abondance, avant et pendant l'opération. Ces résultats s'accordent avec ceux qui ont été obtenus plus récemment par Ségalas (9).

Mais je m'étais bien gardé de conclure, comme l'a fait cet expérimentateur, que l'influence de la moelle est nulle sur la sécrétion urinaire : car, dans le cours de mes vivisections, de nombreuses observations m'avaient démontré que les viscères, qui empruntent leurs filets nerveux au grand sympathique, sont loin d'être paralysés immédiatement par la section de ces filets, et que même leur action persiste bien au delà de la durée des expériences dans lesquelles Ségalas avait d'abord détruit la moelle (10). Je me crois donc autorisé à soutenir qu'après une pareille lésion, les nerfs, aboutissant à ces différents organes et aux reins en particulier, ne font que dépenser peu à peu la *force nerveuse* primitivement émanée surtout de

(1) PEIPERS, *De nervorum in secretiones actione*. Berlin, 1834.

(2) *Physiol. Untersuchungen*, Leipzig, 1820, et dans *Journ. complém. du Dict. des sc. méd.*, t. XXV, p. 207.

(3) *Lectures on the Diseases of Urinary Organs*. London, 1832, p. 161.

(4) *Rec. cit.*

(5) *Ouvr. cit.*

(6) Cit. par Burdach, *Physiol.*, trad. franç., t. VIII, p. 265.

(7) *Journ. des connaiss. méd.-chirurg.*, août 1834, p. 376.

(8) *Experimenta quædam circa urinæ secretionem*, p. 24.

(*) SCHIFF (*Untersuch. über Diabetes ; Soc. roy. des sc. du Danemark*, 1857) a constaté qu'en pareil cas l'urine contenait de l'albumine et surtout de la glycose. Quelquefois la matière colorante du sang a passé dans l'urine.

(9) *Des lésions traumatiques de la moelle de l'épine, considérées sous le rapport de leur influence sur les fonctions des organes génito-urinaires* (Paris, 1844). Mém. lu à l'Acad. de méd. le 27 août et le 23 septembre.

(10) Durée de ces expériences : 15, 20, 30 minutes.

la moelle, centre principal, sinon exclusif, de sa production ; d'où la persistance de la sécrétion rénale, aussi bien que celle des mouvements du cœur, du canal intestinal, des cornes utérines, etc.

On sait que, quand on se borne à couper la moelle épinière, chaque segment peut continuer d'agir comme centre spécial d'innervation. Aussi aurais-je passé sous silence, comme insignifiantes dans la question, celles des expériences de Ségalas dans lesquelles on a opéré cette sorte de lésion ou la destruction partielle de la moelle, si, même de ces expériences, il ne résultait que l'urée, les phosphates, les sulfates, l'acide urique et le mucus vésical ont subi des changements dans leur quantité relative. Dès lors, on ne s'explique guère la conclusion de cet auteur, c'est-à-dire que les lésions traumatiques de la moelle ne troublent point la composition de l'urine.

Cette conclusion, fondée surtout sur des résultats de vivisections, qui le plus souvent ont été observés dans un laps de temps trop court, ne s'accorde point avec celle de Brodie, Home, Hunkel, Stanley (1), etc., qui ont recueilli des faits sur l'homme malade. — Chez un malade cité par le dernier de ces observateurs, et affecté d'une fracture avec déplacement de la cinquième et de la sixième vertèbre dorsale, avec division complète de la moelle en ce point, l'urine devint très abondante et fortement ammoniacale au cinquième jour : elle conserva ces propriétés jusqu'à la mort du blessé, qui eut lieu le vingt-sixième jour. — Un autre cas analogue s'est encore offert à Stanley. Il y avait chez un individu fracture et luxation du rachis, intéressant la huitième et la neuvième vertèbre dorsale, et de plus paraplégie. Le quatrième jour, l'urine prit une odeur fortement ammoniacale, et l'analyse chimique y démontra en effet la présence d'une assez grande proportion d'ammoniaque.

Il est vrai qu'en pareil cas on avait supposé que l'urine ne devenait alcaline que dans la vessie, par suite de la paralysie de cet organe : mais des observations de Smith (2) tendent à prouver que ce liquide est déjà alcalin avant d'arriver dans son réservoir. Toutefois il ne faudrait pas nier que l'alcalinité ne pût être augmentée par un séjour trop prolongé de l'urine dans la vessie et par le catarrhe que ce séjour y aurait développé.

Bellingeri (3) a constaté, sur le mouton, que l'inflammation de la moelle et de ses membranes est fréquemment accompagnée de l'inflammation du péritoine et des *reins*, qu'alors l'urine devient trouble et ressemble au sérum du lait coagulé. Réciproquement, Stanley dit avoir vu l'altération du rein déterminer consécutivement des affections de la moelle épinière. Il importe d'ajouter, pour démontrer les relations intimes qui existent entre ces deux organes, que, selon la remarque de Dupuytren (4), la paraplégie est de toutes les maladies celle dans laquelle les sondes fixées dans la vessie se recouvrent le plus souvent et le plus promptement d'incrustations salines (*).

(1) *Du rapport qui existe entre l'inflammation des reins et les désordres fonctionnels de la moelle épinière et de ses nerfs* (*Arch. génér. de médec.*, 2e série, t. V, p. 101, 102, trad. de Richelot, 1834).

(2) *Medical Gazette*. London, févr. 1832.

(3) *Annali univers. di med.*, fascicol. 92, 93, août et sept. 1824.

(4) *Leçons orales*, 1832.

(*) Ségalas (*Mém. cit.*) croit que la tendance que l'urine montre à former des dépôts autour des sondes tient, non pas à une altération de ce liquide, qui serait la conséquence immédiate de la lésion de la moelle, mais bien à l'inflammation catarrhale de la vessie, qui vient tôt ou tard compliquer cette lésion.

Nous avons déjà eu occasion de signaler certaines lésions directes du système nerveux qui peuvent déterminer le passage de l'albumine ou du sucre dans les urines ; il n'y a point lieu d'y revenir.

SÉCRÉTION DE LA SUEUR.

I. — La peau, en même temps qu'elle recueille les impressions tactiles, remplit un autre rôle des plus importants : celui de servir d'émonctoire à une *partie* des liquides et des gaz qui doivent être rejetés au dehors, comme produits ultimes des métamorphoses de la nutrition ; elle concourt ainsi à la dépuration du sang et au maintien de l'équilibre de la température du corps.

Dans la constitution intime de la peau figurent des organes glandulaires, pour ainsi dire, sans nombre : d'une part, les glandes *sudorifères* et les glandes *cérumineuses*, qui paraissent ne différer entre elles que par la nature du liquide sécrété, et, d'autre part, les glandes *sébacées*. Pour l'instant, nous n'avons à nous occuper que des premières.

Les *glandes sudorifères*, mentionnées d'abord par Nicolas Sténon, dès 1683, furent admises par Malpighi, Boerhaave, Duverney, Winslow, etc. ; mais elles ne devinrent que beaucoup plus tard l'objet d'études approfondies.

Eichhorn (1), le premier, en 1826, publia sur ce sujet un travail considérable. Suivant lui, pour observer les conduits sudoripares, il faut en faire l'examen avec une forte loupe, pendant la saison chaude, alors que la sueur sort en abondance par les orifices externes de ces conduits. A ce moment, vient-on à essuyer le tégument recouvert par la sueur, on voit immédiatement sourdre une nouvelle quantité de liquide qui arrive à l'extérieur au niveau de petits orifices infundibuliformes. C'est surtout à la surface palmaire du bout des doigts que ces observations peuvent être faites assez facilement. — Eichhorn plaçait ces orifices au sommet des éminences qui séparent les sillons que l'on aperçoit à l'extrémité des doigts : il commettait une erreur, car ces éminences sont formées par les papilles, et c'est dans le sillon intermédiaire à deux rangées de papilles que les orifices des canaux sudoripares viennent aboutir.

Cet auteur avait bien aperçu ces derniers canaux, mais il n'avait pu voir les petites glandes auxquelles ils font suite. — La découverte de celles-ci fut annoncée presque simultanément, en 1834, par Purkinje et Wendt (2), par Breschet et Roussel de Vauzème (3). Gurlt (4) fut le premier à donner une bonne représentation de ces glandes, qui, depuis lors, éveillèrent l'attention d'un grand nombre d'autres observateurs.

Les glandes sudorifères, qui sont constituées par un canal délié et plus ou moins contourné à son origine, se retrouvent sur toute l'étendue de la peau, à l'exception de points peu nombreux. A la paume de la main et à la plante des pieds, elles forment des séries régulières ; partout ailleurs elles sont disséminées moins régulièrement.

(1) MECKEL'S *Archiv*, etc., 1826, n° 3, p. 305. — *Journal des progrès des sciences et institutions médicales*, t. III, 1827, p. 88 et suiv., et t. IV, p. 58.

(2) MÜLLER'S *Archiv*, 1834, p. 280.

(3) *Ann. des sc. nat.*, 1834, p. 167 et 321.

(4) MÜLLER'S *Archiv*, 1835, p. 399 et suiv.

Chacune de ces glandes offre : 1° une partie sécrétante, ou *glomérule glandulaire* ; 2° un conduit excréteur.

Le *glomérule* est en général logé plus ou moins profondément dans les mailles de la partie réticulaire du derme, où il est entouré de petits lobules de graisse et d'un tissu conjonctif lâche, à côté ou au-dessous des follicules pileux. « Rarement, dit Kölliker (1), on rencontre des glomérules sudoripares dans le tissu cellulaire sous-cutané, ou sur sa limite, si ce n'est dans l'aisselle ; cela arrive néanmoins aussi dans l'aréole, aux paupières, au pénis et au scrotum, dans la paume de la main et à la plante du pied. » Chaque glomérule est constitué par un tube uniformément calibré, roulé en peloton et terminé en cæcum. Suivant Kölliker, dans les glandes de l'aisselle, de petits culs-de-sac latéraux viendraient aboutir au tube principal. — Quant au *conduit excréteur*, il se dirige de la face profonde à la face libre de la peau ; il est rectiligne dans les points où la peau est mince, et décrit un trajet flexueux quand cette membrane et surtout sa couche épidermique sont très épaisses.

Le volume des glandes sudorifères varie : dans le creux de l'aisselle notamment, le volume du glomérule et le diamètre du tube sont deux ou trois fois plus considérables que dans le reste du corps (2). — La structure de ces dernières glandes est analogue à celle des glandes sudoripares ordinaires : toutefois, tandis que celles-ci ne présentent que deux couches, une externe fibreuse, et une interne que Virchow a isolée et qui est constituée par une membrane propre tapissée de cellules polygonales, on trouve en plus, dans les glandes de l'aisselle, une couche de fibres musculaires dirigées longitudinalement. Ces fibres musculaires se retrouvent, il est vrai, dans les glandes de quelques autres régions, spécialement dans celles qui sont situées au niveau de l'aréole mammaire. D'après Ch. Robin, à la face interne des glandes axillaires, on aperçoit un épithélium pavimenteux qui n'existe point dans les glandes *sudoripares* proprement dites.

Les glandes sudorifères apparaissent au cinquième mois de la vie embryonnaire. Dans l'origine, ce sont de simples excroissances de la couche de Malpighi, excroissances tout à fait pleines. A la naissance, leurs canaux excréteurs offrent des sinuosités assez nombreuses, avant de traverser l'épiderme.

Jusqu'à présent, les glandes sudorifères n'ont été étudiées que chez les mammifères domestiques. Suivant Gurlt (3), chez le cheval, le mouton, le cochon et le chien, on observe aux plantes des pieds des glandes sudorifères rappelant celles de l'homme par leurs nombreuses circonvolutions qui manquent chez le bœuf et aussi dans les parties poilues du chien.

Les glandes qui nous occupent sont remplies, pour la plupart, d'un liquide clair et transparent. Celles de certaines régions (glandes de l'aisselle et de l'aréole) renferment un contenu plus ou moins épais dans lequel on peut reconnaître des granulations plus ou moins fines, des cellules, des noyaux cellulaires, de la protéine et de la graisse (Ch. Robin et Kölliker). Il est évident que, résultant d'une mue et d'une dissolution partielle des cellules épithéliales qui revêtent les glomérules sudoripares, ce contenu s'éloigne sensiblement de la sueur ordinaire.

(1) *Histologie humaine*, trad. franç., p. 172. Paris, 1856.
(2) Ch. Robin, *Note sur une espèce particulière de glandes de la peau de l'homme* (*Ann. des sc. nat.*, 1845, t. IV, p. 380, et *Comptes rendus de la Soc. de biologie*, 1849, p. 77).
(3) *Mém.* et *Rec. cit.*, p. 309.

Quelquefois les glandes de l'aisselle renferment une matière peu granuleuse ou simplement liquide : il y a donc là comme un passage insensible, eu égard à leur contenu, des petites aux grosses glandes sudorifères.

Burdach (1) refuse à tort d'admettre un organe sécréteur spécial pour la *sueur*. Suivant lui, partout où un accroissement de sécrétion la provoque, elle sort par les follicules sébacés, parce que, au fond de ces organes, la couche cutanée est plus mince que partout ailleurs. L'aisselle et le pubis représentent, dit-il, des sources abondantes de sueur, parce qu'en effet dans ces régions existent de nombreux follicules sébacés.

II. — Il se fait incessamment à la surface de la peau une déperdition de vapeur aqueuse : c'est ce qui constitue la *perspiration cutanée insensible*. Puis, à certains moments, sous l'influence de conditions particulières, le produit de l'exhalation cutanée se dépose à la surface de la peau sous la forme de gouttes, et alors on l'appelle *sueur*.

La *perspiration cutanée*, en apparence peu considérable dans l'état normal, est néanmoins une des grandes sources de déperdition de l'organisme vivant. Peu abondante chez les animaux inférieurs, dont la peau est protégée par des enveloppes plus ou moins imperméables, et chez ceux qui ont un épiderme épais, elle est en général appréciable chez les mammifères et les oiseaux.

Sanctorius (2), en pesant ses aliments et ses boissons, puis toutes ses excrétions pondérables, reconnut que les 5/8es des matières ingérées avaient pour voie d'élimination la peau et le poumon. Dodart (3) fit des expériences analogues. Plus tard, Lavoisier et Séguin (4), ayant repris cette question, admirent qu'en vingt-quatre heures la quantité de vapeur d'eau exhalée par la peau est, chez l'homme, d'environ 1000 grammes. D'après les résultats obtenus par W. F. Edwards (5) dans ses expériences sur la perspiration *pulmonaire et cutanée*, un cochon d'Inde peut perdre, en vingt-quatre heures, 1/12 du poids de son corps ; un lézard, 1/9^{e} ; les moineaux, 1/4 ; les souris, 1/3 de ce même poids.

La perspiration cutanée et la sueur peuvent présenter des fluctuations qui dépendent de causes extérieures ou bien de conditions propres à l'individu lui-même. L'atmosphère, par exemple, est-elle saturée d'humidité et sa température est-elle la même que celle du corps de l'animal, la transpiration cutanée et pulmonaire se trouve entravée ; alors la sécrétion urinaire y supplée en devenant plus abondante. Le contraire s'observe quand l'air ambiant est sec et chaud, c'est-à-dire que l'urine diminue, tandis que l'évaporation cutanée et pulmonaire augmente ; la sueur peut alors apparaître. L'état fortement électrique de l'atmosphère amène des effets analogues : on sue abondamment, dans l'été, surtout à l'approche des orages. Chacun sait que toute espèce d'effort, la course, les exercices violents, etc., activent singulièrement la sécrétion de la sueur, qui, en pareil cas, devient plus abondante encore pendant le travail de la digestion que dans les circonstances ordinaires. Une émotion forte, comme la frayeur ou la colère, peut couvrir le corps de sueur, etc.

(1) *Traité de physiologie*, t. VII, p. 422 et suiv., traduct. de Jourdan. Paris, 1837.
(2) *De statica medicina*, t. I. Paris, 1725, in-12.
(3) *Statica medicina gallica*. Paris, 1725, in-12. — Ce livre, publié par les soins de NOGUEZ, contient le précis des expériences de DODART sur la *perspiration cutanée*.
(4) *Mém. de l'Acad. des sc. de Paris*, 1790, p. 601.
(5) *Influence des agents physiques sur la vie*, p. 84 et suiv. Paris, 1824.

La *partie gazeuse* de la transpiration cutanée est formée principalement par de l'acide carbonique. Les expériences de Spallanzani, sur des grenouilles et des salamandres auxquelles il avait excisé les poumons; celles de W. Edwards, sur des batraciens dont il avait lié la trachée; celles enfin d'autres expérimentateurs, dans lesquelles on place la main sous une cloche, sur la cuve à mercure, démontrent surabondamment l'exhalation de l'acide carbonique par la peau. Suivant Collard de Martigny, on constaterait aussi la présence de l'azote en quantité variable, et parfois celle de l'hydrogène et de l'acétate d'ammoniaque.

La *partie liquide* de la transpiration cutanée, que l'on peut obtenir en faisant condenser sur les parois d'un cylindre de verre la vapeur exhalée d'une partie vivante, ne renferme guère, comme on le verra plus loin, que de l'eau et quelques matières volatiles. La *sueur*, au contraire, présentera à l'analyse une constitution plus complexe.— Faut-il en conclure que la source de sécrétion est différente pour ces deux produits, et que la peau, à l'exemple des membranes séreuses, est susceptible de laisser exhaler de toute sa surface ce qui constituerait la *perspiration cutanée insensible*, tandis que les glandes sudorifères auraient pour usage de sécréter la *sueur proprement dite?* Connaissant l'extrême richesse de la peau en glandes de cette nature, tenant compte de ce fait que la couche superficielle de cette membrane, l'épiderme, ne se laisse pas pénétrer du dehors au dedans, ni du dedans au dehors, par les liquides, on est conduit à admettre qu'aux glandes sudoripares et à leurs canaux excréteurs revient le rôle de produire et de laisser échapper le fluide exhalé normalement à la surface de la peau, et celui qui, devenu plus abondant dans certaines circonstances, constitue la *sueur*.

Pour divers auteurs, la sueur proprement dite est le liquide que laisse évaporer la peau, comme fait aussi la muqueuse pulmonaire, et le liquide sécrété par les glandes sudorifères ne serait qu'un produit spécial qui viendrait se surajouter comme celui des glandes sébacées : il en serait donc ici comme pour les muqueuses où le mucus est un produit général qui rend l'eau visqueuse, et auquel s'ajoutent d'autres produits suivant les régions.

Quoi qu'il en soit, la *sueur* offre la fluidité et la transparence de l'eau. Son odeur est *sui generis*, sa réaction est ordinairement acide, mais devient promptement alcaline sous l'influence de l'évaporation. — Si l'on fractionne la sueur recueillie pendant la durée d'une sudation, on constate que le premier tiers est toujours acide, le second neutre ou alcalin, et le troisième alcalin.

Les premières recherches sur la *composition de la sueur* ont été faites par Thenard (1). Il obtint cette humeur au moyen d'un gilet de flanelle préalablement bien lavé dans de l'eau distillée, puis séché, et qui, pendant dix jours, fut porté immédiatement sur la peau au-dessous d'une chemise de toile. Le gilet fut ensuite lavé avec de l'eau qu'on évapora dans une cornue : le produit de la distillation avait l'odeur propre à la sueur, et il était faiblement acide. Thenard conclut de son analyse que l'humeur de la transpiration cutanée, outre de l'eau, renferme du chlorure sodique et de l'acide acétique, un peu de phosphate sodique, des traces de phosphate calcique et ferrique, et une matière animale qu'il compare à la gélatine, probablement à cause de sa propriété d'être précipitée par le tannin.

Berzelius (2), ayant fait aussi quelques recherches sur la sueur, dit que cette

(1) Cité par BERZELIUS, *Chimie*, trad. franç., t. VII, p. 321. Paris, 1833.
(2) *Chimie*, trad. franç., t. VII, p. 324 et suiv.

humeur tient en dissolution les mêmes matières qu'on rencontre dans les liquides acides de la chair musculaire, et qui, après l'évaporation, sont dissoutes par l'alcool. « Mais la sueur, ajoute cet illustre chimiste, renferme tant de chlorure sodique, que l'extrait alcoolique se remplit de cristaux de ce sel. Elle laisse aussi une petite quantité de matières animales insolubles dans l'alcool, probablement semblables, quant à leur nature, à celles qu'on trouve en général dans les liquides du corps. Le chlorure ammonique est aussi au nombre des sels qui cristallisent dans la dissolution alcoolique de la sueur desséchée. »

Afin d'obtenir le produit de la *perspiration cutanée insensible* de l'homme, Anselmino (1) fit séjourner, pendant plusieurs heures, le bras tout entier de divers individus dans un long cylindre de verre, sans ouverture inférieure, et dont il ferma hermétiquement l'orifice supérieur au moyen d'une toile cirée solidement attachée autour du membre, mais de telle sorte que nulle part ce dernier ne touchait le cylindre. La quantité de fluide perspiré obtenue par ce moyen ne fut jamais considérable, et pouvait tout au plus, par chaque individu, être évaluée à une cuillerée à bouche pour cinq ou six heures. « Ce fluide était limpide, inodore, insipide ; il ne se comportait ni comme un acide, ni comme un alcali, et ne passait pas à la décomposition putride. » A l'analyse, Anselmino l'a trouvé composé d'eau, — d'acide carbonique, — d'acide acétique — et d'ammoniaque.

Dans les cas où le bras avait été en contact avec le cylindre de verre, la matière perspirée recueillie par cet observateur avait une odeur de *sueur* et renfermait beaucoup de chlorure de sodium. Lorsque l'expérience avait lieu pendant un temps frais, et quand la peau était sèche, le liquide était beaucoup moins abondant ; on y trouvait de l'acide carbonique, mais pas de quantité appréciable d'ammoniaque, ni d'acide acétique.

Quant à la *sueur proprement dite*, Anselmino en recueillit au moyen d'une éponge promenée sur la peau de cinq jeunes gens soumis à une sudation assez abondante : chaque sujet avait fourni six à dix onces de cette humeur. Celle-ci était trouble, avait une saveur salée, une odeur particulière plus ou moins prononcée suivant les individus; son exposition prolongée à l'air la faisait passer à la putréfaction. — D'après ses analyses, 100 parties de sueur desséchée contiennent :

Matières insolubles dans l'eau et l'alcool (sels calciques pour la plus grande partie) = 2 pour 100. — Matière animale soluble dans l'eau et insoluble dans l'alcool et sulfates = 21. — Matières solubles dans l'alcool affaibli ; chlorure sodique, extrait de viande = 48. — Matières solubles dans l'alcool anhydre, extrait de viande, acétate alcalin et acide acétique libre = 29.

En outre, Anselmino a trouvé que 100 parties du résidu sec de la sueur laissent, après incinération, 22,9 parties de cendres renfermant du carbonate, du sulfate et du phosphate sodiques, un peu des mêmes sels potassiques et du chlorure sodique, tous solubles dans l'eau, plus du phosphate et du carbonate calciques, avec des traces d'oxyde ferrique, qui furent laissés par ce liquide.

Le même expérimentateur, ayant fait des recherches sur la sueur de différents malades, n'a obtenu que des résultats peu satisfaisants. Il dit néanmoins avoir constaté la présence d'une plus grande quantité d'ammoniaque et de sels dans la

(1) *Recherches sur la nature chimique de la sueur* (*Journal des progrès*, t. II, p. 121, année 1827).

sueur des goutteux, et avoir trouvé de l'albumine dans une sueur critique, à la suite d'une fièvre rhumatismale, etc.

Suivant Berzelius, il y a vraisemblablement des différences dans la composition de la sueur des diverses parties du corps, et ce liquide n'entraîne point partout les mêmes matières : la sueur des pieds présente une odeur différente de celle des autres parties, et celle des aisselles a une odeur ammoniacale ; chez les personnes grasses, la sueur des organes génitaux contient fréquemment de l'acide butyrique, et le produit des glandes sudorifères de l'aisselle paraît différer notablement de celui qui est contenu dans les autres glandes sudoripares.

Les recherches les plus récentes et les plus complètes sur la composition de la sueur, chez l'homme, sont dues à P. Favre (1). C'est par leur exposition que nous terminerons l'histoire chimique de cet important fluide.

La quantité totale de sueur, sur laquelle Favre a fait plusieurs séries d'expériences, a été de 55 litres environ.

Il s'est entouré de nombreuses précautions pour obtenir la sueur aussi pure que possible : le sujet, soumis à l'expérience, prenait un bain de vapeur tous les deux jours, et portait du linge d'une propreté extrême ; puis, avant de le placer dans l'appareil, on lui donnait un bain simple et une douche d'eau tiède.

L'appareil consistait en une sorte de baignoire de tôle parfaitement étamée, et reposait sur une table appropriée et légèrement inclinée, de telle sorte que la sueur arrivait à la partie déclive, et s'écoulait par une rigole aboutissant à une ouverture à laquelle était soudée une tubulure qui s'engageait dans le goulot d'un flacon. La tête du sujet en expérience était placée au sommet du plan incliné, et les pieds à la partie la plus déclive.

Chaque expérience durait d'une heure à une heure et demie, l'appareil étant placé au milieu d'une étuve chauffée par un jet de vapeur. La sueur recueillie était presque immédiatement soumise à l'analyse.

D'après Favre, la sueur renferme beaucoup de chlorure de sodium, du chlorure de potassium, d'autres sels, de l'*urée*, et un nouvel acide azoté uni à la soude et à la potasse, qu'il propose d'appeler *acide sudorique* pour rappeler son origine. La formule de cet acide le rapproche, à certains égards, de l'acide urique, acide qu'on ne retrouve pas dans la sueur.

Une analyse du même chimiste a donné les résultats suivants, quant aux proportions des diverses parties constituantes de la sueur :

	Pour 14 litres.	*Pour 10000 grammes.*
Chlorure de sodium	31,32	22,30
Chlorure de potassium	3,41	2,43
Sulfates alcalins	0,16	0,11
Albuminates alcalins	0,07	0,05
Lactates alcalins	4,44	3,17
Sudorates alcalins	21,87	15,62
Urée	0,59	0,42
Matières grasses	0,19	0,13
Eau	13938,02	9955,73

Outre ces principes, on peut rencontrer dans la sueur des traces de phosphates alcalins, de phosphates alcalino-terreux, et des débris d'épiderme.

(1) *Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, novembre 1852, et *Archives générales de médecine*, 1853, 5e série, t. II, p. 1 et suiv.

Thenard et d'autres chimistes avaient signalé, dans la sueur, la présence de sels ammoniacaux qui provenaient sans doute de la décomposition de l'*urée* : on sait qu'en effet la transformation de ce principe en carbonate d'ammoniaque est facile sous l'influence de la fermentation provoquée par des traces de matières azotées. Mais Favre, le premier, est parvenu à isoler l'*urée* de la sueur humaine (*).

Récemment Funke a trouvé aussi de l'urée dans ce liquide, il en a rencontré 0,38 pour 100.

Favre, étudiant d'une manière comparative les éléments de l'urine et ceux de la sueur, a constaté entre eux une grande analogie quant à leur nature, et une grande différence eu égard à leur quantité relative dans l'un et l'autre liquide. — La matière minérale, prédominante dans les deux cas, est le sel marin. Mais les sulfates et les phosphates, qui sont abondants dans l'urine, se retrouvent à peine dans la sueur; ce qui prouve que les sels minéraux ne sont pas indistinctement éliminés par les divers émonctoires de l'économie.

	Sueur, sur 14 litres.	*Urine, sur 14 litres.*
	Gram.	Gram.
Chlorures	34,639	57,018
Sulfates	0,160	21,769
Phosphates	traces	5,381
Alcalis exprimés en soude réelle	4,183	2,494
Matières organiques	22,920	139,650

Les 139^{gr},650 de matières organiques contenues dans ces 14 litres d'urine ne comprennent ni l'urée ni l'acide urique.

III. — Le but de la perspiration cutanée et de la sécrétion de la sueur paraît être multiple.

La quantité de matières solides qui s'échappent par cette voie est peu considérable, et d'ailleurs ces matières se retrouvent dans l'urine, de telle sorte qu'on ne saurait considérer leur élimination comme étant l'objet principal. Sans doute, comme l'a fait observer Favre dans son remarquable travail, il y aurait de l'intérêt à comparer la quantité des matériaux solides éliminés par la transpiration cutanée dans les circonstances habituelles à celle des matériaux solides fournis par l'urine dans le même temps (dans les vingt-quatre heures, par exemple), afin de connaître jusqu'à quel point ces deux fonctions de sécrétion sont complémentaires, pour expulser une certaine somme de matériaux solides; malheureusement on n'entrevoit guère le moyen de rendre comparables les déductions fournies par la transpiration forcée avec les résultats que fournirait la transpiration naturelle.

Quoi qu'il en soit, c'est surtout de l'eau que la transpiration cutanée entraîne hors de l'économie, et nous savons déjà que la transpiration sert de *régulateur* pour l'abaissement de la température du corps, lorsque cette dernière a été portée à un trop haut degré par un exercice violent ou par la chaleur élevée de l'air ambiant. — L'homme se trouve-t-il dans un climat froid, dit Lavoisier (1),

(*) FOURCROY avait déjà avancé qu'il existait de l'*urée* dans la sueur de cheval (voy. BERZELIUS, *Traité de chimie*, t. VII, p. 330, trad. franç. de Esslinger, Paris, 1833).

(1) *Mémoires de l'Académie des sciences de Paris*, 1789, p. 578.

d'un côté l'air étant plus dense, il s'en décompose une plus grande quantité dans le poumon (et les capillaires généraux), plus de calorique se dégage et va réparer la perte qu'occasionne le refroidissement extérieur ; d'un autre côté, la *transpiration* diminue, il se fait moins d'évaporation, donc moins de refroidissement. Le même individu passe-t-il dans une température beaucoup plus chaude, l'air est plus raréfié, il ne s'en décompose plus une aussi grande quantité, moins de calorique se dégage dans le poumon (et les capillaires généraux) ; une transpiration cutanée abondante, qui s'établit alors, enlève tout l'excédant du calorique que fournit la respiration : et c'est ainsi que s'établit cette température à peu près constante de 38 degrés centigrades, que plusieurs quadrupèdes et que l'homme particulièrement conservent dans quelques circonstances qu'ils se trouvent. — Ainsi nul doute qu'un des usages de la transpiration cutanée ne soit de maintenir l'équilibre de la température du corps.

Mais nous avons vu que dans la matière de la perspiration cutanée insensible se trouve dissous de l'acide carbonique, qu'en même temps que cette matière s'évapore, se dégagent aussi par la peau de l'azote (*) et de l'acide carbonique libres (**), derniers produits des métamorphoses de la nutrition. Quant à la sueur proprement dite, nous connaissons déjà également tous les matériaux qu'elle est chargée d'entraîner au dehors. Aussi ne semble-t-il guère contestable qu'un autre usage de ces sécrétions doive se rapporter à la dépuration du sang.

Des observations et des expériences concluantes prouvent bien d'ailleurs la liaison intime qui existe entre la transpiration et l'état de santé. Qui ne sait que lorsqu'une variation brusque de température vient à interrompre la transpiration tout à coup, il en résulte ce qu'on appelle un refroidissement, source d'un grand nombre de maladies ? En supprimant, à l'aide d'enduits imperméables (goudron, vernis, colle forte, etc.), l'évaporation cutanée chez divers animaux, Fourcault (1) a vu survenir des désordres graves suivis d'une mort plus ou moins rapide. H. Bouley (2), en reproduisant les mêmes expériences sur des chevaux rasés, puis enduits de goudron, a observé tous les effets d'une véritable asphyxie lente : un premier cheval succomba le dixième jour ; un deuxième survécut neuf jours ; un troisième sept jours ; un dernier, enduit d'abord de colle forte, puis d'une couche de goudron, mourut dans la neuvième heure qui suivit cette double application. Après la mort des animaux, en pareil cas, on trouve les tissus et les organes, principalement les poumons, le foie et les muqueuses, gorgés d'un sang noir, comme après l'asphyxie. Il est présumable que l'acide carbonique non expulsé, s'accumulant dans le sang, a fini par déterminer une asphyxie lente qu'on ne saurait guère rapporter à la rétention de l'eau, puisqu'on voit sans cesse la sécrétion urinaire et la perspiration pulmonaire pouvoir, sous ce rapport, suppléer l'évaporation cutanée.

(*) Suivant Collard de Martigny.

(**) D'après les recherches de Scharling (*Ann. de chim. et de phys.*, 3e série, t. VIII) et de Hannover (*De quant. relat. et absol. acidi carbonici ab homine sano et ægroto exhalati*, Copenhague, 1845), l'exhalation d'acide carbonique par la peau serait environ 38 fois moindre que l'exhalation par le poumon.

(1) Fourcault, *Expériences démontrant l'influence de la suppression mécanique de la transpiration cutanée sur l'altération du sang* (*Comptes rendus de l'Acad. des sc. de Paris*, t. VI, p. 369 ; — *Ibid.*, t. XII, p. 185, t. XVI, p. 139, 338).

(2) *Recueil de médecine vétérinaire*, 1850, p. 5, 805.

SÉCRÉTION SÉBACÉE (*).

La *matière sébacée* est sécrétée par de petites glandes qui, en général, appartiennent à la classe des *glandes en grappe.* Situées dans les couches superficielles du derme, ces glandes, qui font complétement défaut dans certaines parties du corps, comme à la plante des pieds et à la paume des mains, forment un plan superposé aux glandes *sudorifères.* Les conduits excréteurs des unes et des autres marchent isolément.

Quels rapports les glandes sébacées affectent-elles avec les follicules pilifères? D'après Eichhorn (1), ces glandes n'existeraient point comme organes distincts, et la matière sébacée serait sécrétée dans les kystes des poils. Partout où il y a des poils, suivant E. H. Weber (2), les glandes sébacées s'ouvrent dans les follicules pileux eux-mêmes. — Ch. Robin (3) distingue des glandes *sébacées proprement dites* et des *glandes pileuses :* les premières offrent une embouchure commune avec les petits follicules pileux, et les secondes s'ouvrent dans de larges follicules pilifères. Quant à Kölliker (4), qui admet que plusieurs des glandes sébacées sont constituées par de simples utricules pyriformes, tandis que d'autres forment des glandes en *grappe simple* ou des glandes en *grappe composée*, il affirme qu'elles sont généralement plus grosses autour des petits poils qu'au voisinage des poils volumineux. Les plus considérables, d'après cet observateur, se rencontrent au mont de Vénus, aux grandes lèvres, au scrotum, où l'on voit, disposées très élégamment autour du même follicule pileux, quatre à huit glandes sébacées.

Au gland et à la face interne du prépuce, existent des glandes sébacées ordinaires (*glandes de Tyson*), mais qui, n'affectant aucun rapport avec des follicules pileux, viennent s'ouvrir directement à la surface de la peau.

Chaque glande sébacée se compose d'une enveloppe extérieure de tissu conjonctif, et d'un amas de cellules placées intérieurement, cellules variables suivant les régions. Ces dernières, arrondies ou ovoïdes, contiennent des gouttelettes graisseuses en plus ou moins grande quantité, et forment, en se détachant, la matière sébacée, masse jaune ou blanc jaunâtre, demi-fluide à l'état frais et à la température du corps, dans laquelle l'analyse a révélé la présence de la caséine, de l'albumine, de la graisse, de matières extractives et de phosphate calcaire. — De la cholestérine a été trouvée en minime proportion dans la matière sébacée du prépuce.

Sur 100 parties de l'humeur sébacée, qui recouvre si abondamment la peau des enfants à leur naissance, on a trouvé 10,15 de margarine, d'oléine, de margarates et d'oléates alcalins; 5,40 de matière azotée, d'épithélium, etc.; 84,45 d'eau.

La sécrétion sébacée paraît avoir pour usage d'assouplir la peau, de la revêtir d'une sorte d'enduit gras propre à la protéger, jusqu'à un certain point, contre l'action de l'eau ou des matières excrémentitielles. Il est à noter que, dans

(*) De *sebum*, suif.

(1) MECKEL'S *Archiv*, etc., 1826, n° 3, p. 305.
(2) FRORIEP'S *Notizen*, mars 1849.
(3) *Hist. natur. des végétaux parasites.* Paris, 1853, p. 488.
(4) *Histologie humaine*, p. 184 et suiv., trad. franç. Paris, 1856.

les points où la sueur tend à séjourner longtemps, comme à l'aisselle ou à l'aine, les glandes sébacées sont extrêmement abondantes. Elles sont nombreuses aussi au pourtour de l'anus, dans le voisinage du méat urinaire chez la femme, etc.

La matière sébacée concourt à rendre les cheveux ou les poils lisses et souples, et à empêcher les plumes de certains oiseaux de se laisser mouiller ; sous le nom de *suint*, elle imprègne la laine de brebis. Son odeur, comme celle de la transpiration cutanée, varie avec les espèces animales. — Divers auteurs ont cru devoir rapprocher, comme ayant quelques analogies, la *matière sébacée* du musc, du castoréum, de la civette, de l'huile fétide du putois, etc., tous produits de sécrétion qui, comme cette matière, sont plus ou moins riches en substances grasses.

Quant à la *sécrétion du cérumen*, elle est due à des petits corps glandulaires de couleur brunâtre, de forme semblable à celle des glandes sudoripares, et siégeant dans la portion cartilagineuse du conduit auditif externe, entre la peau et le cartilage, où ils forment une couche continue.

De ses recherches sur le cérumen des oreilles, Berzelius (1) conclut que cette matière est une combinaison émulsive d'une graisse molle et d'albumine avec une autre matière de nature certainement particulière, un extrait jaune, fort amer, soluble dans l'alcool, une matière extractiforme soluble dans l'eau, et des lactates calcique et alcalins, mais qu'elle ne renferme aucun chlorure, ni aucun phosphate soluble dans l'eau.

Le cérumen, ajoute Berzelius, paraît avoir pour usage d'empêcher les insectes de pénétrer dans le conduit auditif externe, soit parce qu'il les retient en vertu de sa viscosité, soit parce que son principe amer leur inspire de la répugnance. — Quelquefois il s'amasse, s'endurcit et cause la surdité, en bouchant le conduit auditif: en pareil cas, on le ramollit aisément en versant dans le conduit un mélange d'huiles de térébenthine et d'olive, qui rend la graisse liquide. Une injection d'eau tiède, que l'on pousse ensuite avec une certaine force, suffit pour amener au dehors la masse cérumineuse, cause de l'accident.

SÉCRÉTION MUQUEUSE.

Le *mucus*, liquide existant à la surface de toutes les membranes muqueuses, est sécrété dans quelques-unes par le tissu même de ces membranes, et, dans d'autres, par des follicules spéciaux qu'on désigne sous le nom de *follicules mucipares*. Par exemple, la muqueuse qui tapisse les sinus frontaux, les sinus sphénoïdaux, etc., est complétement dépourvue de ces follicules, et pourtant on sait combien la sécrétion du mucus à sa surface est parfois abondante dans certains coryzas.

Fourcroy et Vauquelin considéraient le mucus comme un fluide identique dans tous les points où il est versé. Sans doute, il est partout à peu près le même sous le rapport de sa viscosité; mais, selon la remarque de Berzelius (2), il varie beaucoup à l'égard de ses caractères chimiques, suivant la nature des liqueurs ou

(1) *Traité de chimie*, trad. franç. Paris, 1833, t. VII, p. 468.
(2) *Ouvr. cit.* Paris, 1833, t. VII, p. 144.

des matières auxquelles il est destiné à résister. Par mucus, dit-il, on doit entendre une substance solide qui ne se dissout pas dans l'eau, mais qui peut s'imbiber de ce liquide, en se gonflant, en devenant molle, visqueuse et même quelquefois demi-fluide. Cette substance, à la surface interne de la membrane qui l'épanche uniformément, est pénétrée de l'eau chargée de sels qui provient du sérum du sang, et se comporte en tous points comme si sa sécrétion tenait à la conversion de l'albumine du sérum en cette matière susceptible de se gonfler dans l'eau. Cependant la preuve que le mucus n'est point de même nature partout, c'est que, par exemple, le mucus de la vésicule du fiel est tout à fait insoluble dans les acides, qui le coagulent et le précipitent de sa dissolution dans une liqueur alcaline, tandis qu'au contraire celui de la face interne de la vessie urinaire se dissout, jusqu'à un certain point, tant dans les acides étendus que dans les alcalis.

Berzelius, ayant analysé le *mucus nasal*, lui a trouvé la composition suivante (1) :

Mucus particulier	5,33
Extrait soluble dans l'alcool et lactate alcalin	0,30
Chlorures sodique et potassique	0,56
Extrait soluble dans l'eau avec traces d'albumine et d'un phosphate	0,35
Soude combinée avec le mucus	0,09
Eau	93,37
	100,00

Toutes ces substances, hormis le *mucus particulier*, sont communes au mucus nasal, au pus et au sang.

Comme le fait observer Henle (2), sous le nom de *mucus* on a réuni trois matières différentes entre elles, par leur origine, leur destination physiologique et leur composition, savoir : 1° les débris de l'épiderme des membranes muqueuses, qui s'accumulent par suite d'une desquamation incessante ; 2° du pus, liquide mêlé d'une plus ou moins grande quantité de granulations particulières, qui se forme dans les plus légères inflammations des membranes muqueuses ; 3° le mucus proprement dit, ou sécrétion liquide des glandes mucipares. — Ce mucus tient-il en dissolution une matière qui lui soit propre, ou bien sa sécrétion n'est-elle autre chose, pour ainsi dire, que le plasma du sang transsudant à travers les vaisseaux ? Jusqu'à présent, on n'a pas réussi à isoler cette matière, qui serait la caractéristique du mucus. Il faut dire néanmoins que l'on a signalé, sous le nom de *mucosine*, une ou plusieurs substances organiques auxquelles le mucus devrait sa viscosité.

Le mucus est une humeur plus ou moins gluante et filante, généralement fade et insipide ; l'eau, nous l'avons dit, le fait gonfler, mais ne le dissout pas. La chaleur ne le coagule point. Lorsqu'il a été délayé dans l'eau, l'alcool l'en précipite. On trouve dans le mucus de la *pyine* (Gueterbock) : cette matière animale, soluble dans l'eau, serait commune au pus et au mucus. Le mucus tient en suspension un grand nombre de cellules d'épithélium, et, suivant que ce dernier est pavimenteux, nucléaire ou cylindrique, on peut être mis à même de déterminer le point duquel provient le mucus sécrété.

Le mucus forme une couche d'épaisseur variable à la surface des différentes

(1) *Ouvr. cit.*, t. VII, p. 463.
(2) *Anat. génér.*, trad. de Jourdan. Paris, 1843, t. I, p. 55 et suiv.

muqueuses. Lorsqu'une de ces membranes (muqueuses de la vésicule biliaire, de la vessie, du rectum) doit être toujours ou plus ou moins longtemps en contact avec des matières irritantes, il est sécrété en beaucoup plus grande abondance qu'au niveau des autres muqueuses que ces matières ne font, pour ainsi dire, qu'effleurer à leur passage.

Ainsi, protection contre l'action des corps irritants, tel paraît être le rôle principal que remplit le mucus ; de plus, cette liqueur entretient les membranes, avec lesquelles elle se trouve en contact, dans un état de souplesse indispensable à leurs usages particuliers. — On a supposé que, dans certains phénomènes de la digestion, le mucus, en se décomposant, pouvait agir à la manière d'un ferment : nous avons dit déjà, en nous occupant de ces phénomènes, ce qu'il faut penser d'une pareille hypothèse.

SÉCRÉTIONS SÉREUSE ET SYNOVIALE.

I.—Les membranes séreuses splanchniques, sortes de grands sacs sans ouverture, étalés et repliés autour des viscères les plus importants, présentent une texture assez simple. Un substratum cellulo-fibreux, plus ou moins résistant suivant la région, forme une espèce de doublure extérieure à chaque séreuse, et est tapissé à sa face interne par une couche de cellules épithéliales pavimenteuses. Le précédent feuillet cellulo-fibreux possède des vaisseaux sanguins en grand nombre ; aussi, surtout dans certains états pathologiques, sa vascularisation devient-elle des plus évidentes. Quant aux vaisseaux lymphatiques, ils avaient été accordés si largement aux membranes séreuses, qu'on les avait considérées comme formées presque uniquement par eux ; mais cette opinion, d'après des recherches nombreuses et récentes, ne paraît plus pouvoir être défendue. Il en est de même de l'hypothèse émise par Bourgery, qui a voulu voir dans ces membranes un lacis nerveux inextricable.

Dans certains points, les séreuses forment de petites saillies, des plis ou des franges que l'on a qualifiés, à tort, du nom de *glandes*. En réalité, elles ne renferment aucune espèce d'organe glandulaire, et le liquide que l'on observe dans les cavités qu'elles limitent suinte de toute leur surface sous la forme d'une rosée presque incolore.

La sérosité de ces membranes y est versée à l'état liquide. Il ne saurait plus être question, en effet, de la *vapeur séreuse* qu'on admettait autrefois : les objections que J. Davy (1), J. Müller (2), E. H. Weber (3), etc., ont formulées contre cette manière de voir, et l'observation directe, s'opposent à ce qu'on puisse la soutenir encore aujourd'hui. C'était là une vue contraire aux lois de la physique et de la chimie, et qui ne pouvait dépendre que de ce que la théorie de la tension des liquides n'était point encore développée à cette époque. — Sur de petits ruminants, vient-on à enlever avec soin, dans une certaine étendue des parois abdominales, la tunique élastique et les muscles, de manière à mettre à nu le péritoine, on voit, à travers cette membrane transparente, la sérosité déjà accumulée

(1) *Philos. Transact.*, 1822, part. II, p. 273.
(2) *Physiol.*, t. I, p. 428.
(3) *De caloribus corp. hum. materiis solidis et liquidis plane repletis*, etc. Leipsick, 1838.

dans les points déclives (1). Évidemment celle-ci ne saurait être regardée comme provenant d'une vapeur condensée par l'action de l'air, puisque, dans cette expérience, le péritoine n'avait point été ouvert.

On admet assez généralement que, dans l'état normal, ce liquide ne se trouve guère que dans la proportion suffisante pour humecter les surfaces séreuses ; et, dans les autopsies, on a coutume d'attribuer le plus souvent la présence d'une quantité notable de sérosité à la transsudation cadavérique. Sans doute la transsudation et l'imbibition en augmente la quantité après la mort ; mais, sur les animaux vivants, elle existe toujours en proportion telle qu'on peut l'apercevoir dans les points les plus déclives. Chez des chevaux morts par effusion de sang, et ouverts immédiatement après, Colin (2) a généralement trouvé de 80 à 100 grammes de sérosité dans le péricarde, de 100 à 200 grammes dans les plèvres, de 300 à 1000 grammes dans le péritoine, et de 5 à 8 grammes dans les ventricules encéphaliques.

La production du liquide des séreuses s'arrête le plus souvent au début de l'inflammation de ces membranes, puis elle se rétablit plus tard avec une grande intensité, et alors apparaissent des caractères nouveaux au point de vue de la composition et de la coagulabilité de ce liquide. Cette production devient parfois très abondante sous l'influence d'obstacles, plus ou moins prochains, au cours de la circulation : en effet, certaines hydropisies s'établissent d'une manière presque foudroyante à la suite du refroidissement du corps couvert de sueur, ce qui semble indiquer une corrélation remarquable entre les fonctions de la peau et celles des membranes séreuses où, dans l'état normal, une résorption incessante, doit faire antagonisme à l'exhalation.

L'analyse chimique du liquide des cavités séreuses démontre qu'il offre à peu près les caractères du sérum du sang. Il est vrai que l'analyse dont il s'agit a porté sur de la sérosité accrue en quantité par l'influence de causes morbides : dans l'état de santé, elle n'est pas ordinairement en assez grande proportion, et l'on comprend dès lors toute la difficulté qu'on doit avoir à s'en procurer une quantité suffisante pour en faire l'analyse. Toujours est-il, et cela mérite attention, qu'on a constamment trouvé, dit Berzelius (3), la composition de cette liqueur absolument identique, « soit qu'elle provînt des ventricules du cerveau, soit qu'elle tirât son origine de la cavité pectorale, ou de la cavité abdominale, ou du sac qui entoure les testicules. »

Ce liquide est limpide, sa teinte est légèrement citrine, sa réaction alcaline et sa pesanteur spécifique de 1,010 à 1,020. On peut le considérer comme du sérum du sang ayant environ le degré de dilution qu'aurait le sérum ordinaire, si on l'étendait d'à peu près sept fois son volume d'eau pure (Berzelius). Chauffé jusqu'à l'ébullition, il devient opaque sans se coaguler ; mais, si l'on continue longtemps la coction, il finit par se troubler, et dépose quelques petits flocons d'albumine coagulée, laquelle néanmoins a subi un commencement d'altération par la longue durée de l'ébullition et se dissout bien plus difficilement dans l'acide acétique que l'albumine coagulée du sérum du sang. — Voici l'analyse qu'a donnée Berzelius (4) du liquide sécrété par la séreuse cérébrale :

(1) Colin, *Physiologie comparée des animaux domestiques*. Paris, 1856, t. II, p. 138.
(2) *Loc. cit.*
(3) *Traité de chimie*, tr. d. franç. de Esslinger, t. VII, p. 141.
(4) *Loc. cit.*

Albumine	1,66
Substance soluble dans l'alcool avec lactate sodique	3,32
Chlorure potassique et chlorure sodique	7,09
Soude	0,28
Substance animale insoluble dans l'alcool	0,26
Phosphates terreux	0,09
Eau	988,30
	1000,00

L'analyse a parfois révélé, dans le liquide des membranes séreuses, la présence de la fibrine, de la graisse, du sucre, des matières colorantes de la bile, etc. ; mais, dans tous ces cas, il s'agissait d'états pathologiques variés.

Les usages du fluide contenu dans les cavités séreuses semblent se rapporter uniquement au jeu et aux déplacements divers des organes renfermés dans les cavités splanchniques : toutes les parties du corps qui ont besoin de pouvoir changer librement de position respective sont en effet revêtues d'une membrane séreuse.

II. — Les articulations sont tapissées à l'intérieur par une couche épithéliale non interrompue et soutenue par des tissus de nature diverse. On sait que l'existence des *membranes synoviales*, en tant que membranes formant un tout continu, comme l'admettait Bichat, a été contestée, et que différents auteurs les ont considérées comme de simples surfaces. De quelque manière qu'on envisage le problème, il n'en paraît pas moins vrai qu'ici la couche de cellules épithéliales pavimenteuses ne présente aucune interruption. — Ces membranes produisant un liquide, on a voulu trouver, dans leur constitution, des glandes capables de le verser à leur surface interne. C. Havers (1), un des premiers, décrivit, sous le nom de *glandes synoviales*, des pelotons rougeâtres, spongieux, situés dans l'intérieur de diverses séreuses articulaires. Ces prétendues glandes ne sont en réalité que de la graisse, revêtue par la membrane synoviale, et abondamment pourvue de vaisseaux artériels et veineux. En raison de ce grand nombre de vaisseaux, il est bien certain que les prétendues glandes ou franges synoviales peuvent prendre part à l'exhalation de la membrane; mais ce rôle n'est certainement pas dévolu à elles seules, puisque la synovie se trouve aussi abondante dans les articulations où ces appendices font complétement défaut. Son exhalation a lieu par toute la surface de la séreuse articulaire.

La synovie est un liquide clair, un peu jaunâtre et doué d'une consistance oléagineuse. — L'analyse de la synovie du cheval a donné à John les résultats suivants :

Eau	92,9
Albumine	6,4
Substance animale non coagulable (matière extractive), chlorure et carbonate sodiques	0,6
Phosphate calcique	0,15
Sel ammonique et phosphate sodique	traces
	99,95

Lassaigne et Boissel, ayant analysé la synovie de l'homme, ont obtenu à peu près les mêmes résultats. Margueron, Vauquelin et Bostock avaient aussi procédé antérieurement à une pareille analyse.

(1) *Osteologia, or Some new Observations of the Bones and the Parts belonging to them*, part. IV. London, 1691, in-4.

Dans l'état normal, le fluide synovial se trouve en quantité peu considérable, plus grande néanmoins qu'il ne le faut pour opérer la simple lubrifaction des surfaces articulaires. Chez un cheval en bonne santé, examiné immédiatement après la mort, Colin (1) a trouvé 6 grammes de synovie dans l'articulation de l'épaule, 7 grammes dans celle du coude, 6 grammes dans l'articulation coxo-fémorale, 8 grammes dans la fémoro-tibiale ; c'est-à-dire des quantités évidemment bien supérieures à celle qui est rigoureusement nécessaire pour lubrifier ces diverses articulations.

La synovie augmente souvent de quantité dans les états pathologiques, mais alors elle perd assez rapidement ses caractères primitifs et surtout sa viscosité.

Les usages de la synovie sont entièrement mécaniques : ce liquide enduit les surfaces articulaires et facilite les glissements nombreux qu'elles exécutent les unes sur les autres.

SÉCRÉTION DE LA GRAISSE.

Nous croyons devoir réserver l'étude de cet intéressant problème pour le chapitre dans lequel il sera traité spécialement des actes de la *nutrition*.

FONCTIONS DES GLANDES VASCULAIRES SANGUINES.

En cherchant, dans nos considérations générales sur les sécrétions, à caractériser le tissu glandulaire et à le différencier des autres tissus, nous avons vu qu'il renferme des *cellules spéciales* dont le rôle consiste à extraire du sang et souvent aussi à élaborer certains matériaux qui, une fois sécrétés, doivent se rendre aux surfaces tégumentaires. Alors nous avons exposé les raisons qui obligent à faire une classe à part de la *rate*, des *capsules surrénales*, du *thymus* et du *corps thyroïde*, sous le nom de *glandes vasculaires sanguines*. Celles-ci possèdent également, il est vrai, des cellules ou des vésicules propres, mais dont les produits, faute de canaux excréteurs, au lieu d'être versés à la surface cutanée ou muqueuse, sont repris par les veines et les lymphatiques qui les emportent dans le torrent circulatoire : ces produits de sécrétion sont supposés avoir pour principal rôle de changer la constitution microscopique et chimique du liquide sanguin.

Chacune des quatre glandes vasculaires sanguines va fixer successivement notre attention.

DE LA RATE ET DE SES FONCTIONS.

I. — La *rate* n'existe que chez les animaux vertébrés. On commence à la rencontrer dans les poissons, excepté chez les branchiostomes, qui paraissent en manquer ; elle est remplacée, chez ces poissons, par des organes glanduleux dépourvus de canaux excréteurs et situés dans le voisinage du cardia. Son existence est constante chez tous les reptiles, les oiseaux et les mammifères, mais son siége est variable. Le plus souvent simple, la rate est parfois multiple, comme chez le dauphin, par exemple.

Cet organe, considéré au point de vue de sa texture intime, offre à étudier, sans compter son enveloppe péritonéale, — une trame fibreuse ou partie fondamen-

(1) *Ouvr. cit.*, t. II, p. 440.

tale qui assure sa forme et sert de substratum à ses divers éléments constitutifs ; — des éléments qui lui sont propres, tels que les corpuscules de Malpighi et la pulpe splénique ; — et enfin des éléments qui lui sont communs avec tous les autres viscères, comme les nerfs et les vaisseaux.

La *partie fondamentale* de la rate se compose d'une membrane fibreuse qui, après avoir recouvert toute la surface externe de l'organe, se réfléchit sur les vaisseaux, accompagne leurs divisions et forme des cloisons qui subdivisent l'intérieur en une multitude de petites cavités. On peut rendre cette disposition évidente en insufflant la rate et en la faisant sécher. « A la coupe, on voit, selon l'expression de Malpighi (1), qu'elle est composée de cellules semblables à celles qu'on remarque dans les rayons de miel des abeilles. » Ces cellules, qui communiquent largement entre elles, ont été comparées à celles des corps caverneux ; mais elles en diffèrent en ce que leur surface interne n'est pas tapissée d'une membrane. Bourgery (2) a décrit sur leurs parois une multitude de granulations mêlées à des capillaires, ce qu'il a appelé *champ granulo-capillaire* ; mais aucun auteur n'est parvenu à confirmer les résultats annoncés par cet anatomiste.

On a coutume de regarder l'enveloppe de la rate et ses prolongements intérieurs, sous forme de cloisons, comme composés de tissu fibreux. Kölliker (3) surtout a démontré qu'indépendamment du tissu conjonctif et des fibres élastiques, cette enveloppe et ses trabécules contiennent une certaine quantité de fibres musculaires lisses (chien, cochon, âne, chat). Mazonn (4) affirme avoir répété la même observation sur la rate de l'homme.

Malpighi (5) avait déjà beaucoup insisté sur l'existence de fibres musculaires dans la membrane d'enveloppe de la rate. Il y admet « des faisceaux charnus destinés à raffermir le tissu lâche de la rate et à exprimer le fluide contenu dans les cellules à la manière des oreillettes du cœur. » Il assure les avoir constatés chez l'homme après une longue macération, mais surtout chez le bœuf.

Les trabécules de la rate servent de soutien aux capillaires sanguins, et les mailles qu'elles circonscrivent logent les corpuscules de Malpighi et la pulpe splénique.

Quant aux *corpuscules de Malpighi*, « on remarque dans la rate, dit cet observateur (6), une grande quantité de petites glandes ou plutôt de petites vessies ramassées ensemble à la manière de grappes de raisin, et réparties dans toute la rate. Elles ont une forme ovalaire ; leur couleur est blanche et elles conservent cette couleur, même après l'injection des vaisseaux avec de l'encre. Elles sont formées d'une membrane molle et fragile. Leur cavité, très petite, est imperceptible à la vue ; mais on est fondé à l'admettre, car ces glandules s'affaissent après qu'elles sont coupées. Merveilleusement disposées dans les cellules, elles sont attachées aux ramifications de la capsule, et par conséquent aux derniers filaments des artères. Les capillaires artériels prennent naissance sur ces *petites glandes* à la manière des capréoles de la vigne ou des filets du lierre. »

Les précédents corpuscules sont plus visibles dans la rate des grands animaux

(1) *Discours anatom. sur la structure des viscères*, trad. franç., 2e édit. Paris, 1687, p. 213.

(2) *Anat. microscop. de la rate dans l'homme et les mammifères*, 1843.

(3) *Eléments d'histologie humaine*. trad. franç., p. 491.

(4) *Unters. über die Gewebsel. der glatten Muskeln und über die Existenz dieser Muskeln in der menschlichen Milz*. Kiew, 8 mai 1852.

(5) *Ouvr. cit.*

(6) *Ouvr. cit.*, p. 224.

que dans celle de l'homme : cela tient sans doute à ce que, dans l'espèce humaine, on examine le plus souvent des rates d'individus ayant succombé à des maladies après une abstinence prolongée ; car, sur les individus morts subitement, les corpuscules ne manquent jamais.

Le volume de ces corpuscules est variable ; il offre en moyenne 0mm,36. Un rameau artériel de 0mm,04 à 0mm,09 de diamètre en porte environ de 5 à 10, d'après les observations de Kölliker (1). Ils se composent, suivant lui, d'une membrane d'enveloppe incolore, transparente, épaisse de 0mm,002 à 0mm,005, et limitée partout par deux contours entre lesquels on aperçoit encore çà et là des lignes concentriques. L'enveloppe des corpuscules adhère intimement à la gaîne des artères qui les supportent, et offre d'ailleurs avec cette gaîne une grande analogie de structure. Les corpuscules n'ont point d'épithélium à leur surface interne : ils sont remplis par une substance liquide, visqueuse, gris blanchâtre, substance qui contient de l'albumine, un grand nombre de cellules arrondies et pourvues la plupart d'un seul noyau ; on peut aussi y trouver des noyaux libres et parfois des globules sanguins, modifiés ou non, libres ou emprisonnés dans des cellules. On a observé quelquefois des petits vaisseaux sanguins dans l'intérieur des corpuscules de la rate du chat, du cochon, de la brebis et même de l'homme. — Les corpuscules de Malpighi sont des vésicules closes qu'on a considérées parfois comme de véritables follicules glandulaires.

Suivant Gerlach (2), les pédicules auxquels sont appendus les corpuscules de Malpighi sont des rameaux artériels qui s'épanouissent en capillaires sur les parois de chaque corpuscule, et qui passent de là dans la pulpe splénique où ils s'anastomosent avec les veines.

Quels sont les rapports de ces corpuscules ou de ces vésicules avec le système lymphatique de la rate ? Le même observateur prétend que plusieurs vésicules voisines paraissent communiquer entre elles par de petits canaux qui donnent passage au contenu vésiculaire, quand on exerce sur elles une pression. Ces canaux, dit Gerlach, ne peuvent être que des vaisseaux lymphatiques ; aussi pense-t-il que les vésicules de Malpighi sont de simples renflements variqueux des vaisseaux lymphatiques.

Cette dernière opinion a été défendue par Schaffner (3). Pour Bourgery (4), « les corpuscules de la rate sont recouverts par des lymphatiques nombreux. Ils sont tous reliés par des lymphaticules, de sorte que chacun de ces petits organes est le centre ou le nœud de jonction des trois ou quatre lymphatiques qui établissent ses communications avec les corpuscules voisins ou avec les grands rameaux. »

La *pulpe splénique* est une substance demi-liquide, couleur lie de vin, qui, avec les glomérules et les dernières ramifications des vaisseaux, remplit l'espace laissé libre entre les trabécules. La pulpe splénique se liquéfie rapidement par la putréfaction : il suffit alors d'un léger courant d'eau pour la chasser complétement du siége qu'elle occupe ; on l'obtient aussi très facilement avec le raclage. Cette matière a été longtemps considérée par les anatomistes comme étant du sang coagulé : ils l'appelaient *liquide splénique* ou sang splénique. — Asso-

(1) *Ouvr. cit.*, p. 494.
(2) *Zeitschr. für rat. Med.* t. VII, 1849. — *Handbuch der Gewebelehre*, p. 218.
(3) *Zeitschr. für rat. Med.*, 1849, t. VII, p. 345.
(4) *Mém. cit.*, p. 21.

lant (1) disait que ce sang splénique ne différait du sang ordinaire que par une viscosité plus grande, qui lui donnait une apparence gélatineuse. Ce liquide a été analysé plusieurs fois. L'analyse la plus récente est due à Scherer (2), qui y a trouvé une substance particulière qu'il nomme *liénine*. Cette substance est incolore et cristallisable, et se compose de : carbone, 53,71 ; hydrogène, 8,95 ; azote, 4,82 ; oxygène, 32,52 = 100,00. Le même chimiste a aussi noté la présence des acides lactique, acétique, formique, butyrique, urique, hypoxanthique ; d'une matière albuminoïde riche en fer ; d'une grande quantité de ce métal unie aux acides acétique et lactique, et enfin d'une matière pigmentaire.

Des observations microscopiques récentes ont démontré que la pulpe splénique est formée : 1° de la terminaison ultime des artères, de l'origine des veines et des vaisseaux lymphatiques ; 2° de trabécules représentant assez exactement, en petit, les dispositions des cloisons fibreuses précédemment décrites ; 3° de sang extravasé en plus ou moins grande quantité, ce qui donne à la pulpe splénique une couleur plus ou moins foncée ; 4° d'un parenchyme spécial de cellules décrites sous le nom de *cellules parenchymateuses* de la rate. Ce sont des cellules à noyau, rondes, de 0mm,007 à 0mm,011 de diamètre.

Entre les cellules se rencontrent des noyaux libres, d'autres cellules plus grandes que les premières (0,012 à 0,015), très pâles et qui paraissent n'être que les globules blancs du sang. Enfin s'y trouvent aussi des corpuscules très irréguliers, d'un rouge brun ou d'une teinte cuivrée. Ces corpuscules sont, pour Kölliker (3), des globules rouges du sang en voie de décomposition, et les changements de couleur indiquent à quelle période ils sont arrivés de leur dissolution. Ces derniers globules se réunissent par groupes, s'entourent bientôt d'une cellule de 0mm,011 à 0mm,033 de diamètre, deviennent des granulations pigmentaires, se dissocient de nouveau, puis disparaissent après être devenus complétement incolores.

Les artères de la rate viennent d'une même source, de l'*artère splénique* qui naît du tronc cœliaque. Arrivée à la scissure de la rate, cette artère se divise en quatre ou cinq gros troncs qui pénètrent le parenchyme de l'organe dans des directions variées. Assolant (4) a démontré, le premier, que si l'on injecte isolément chacun de ces troncs, ils ne communiquent pas entre eux, en sorte que la rate est divisée en plusieurs compartiments. Nous avons déjà vu que sa capsule fibreuse fournit une gaîne aux artères jusqu'à leurs plus fines divisions.

La division des branches artérielles dans la rate n'est pas régulièrement dichotomique. Des rameaux d'un volume variable se détachent à angle droit des troncs principaux. Les grosses branches, à peine entrées dans la rate, se divisent en une touffe de rameaux : lorsque les artères n'ont plus que 0mm,5 à 0mm,2 de diamètre, elles abandonnent la veine correspondante, s'appuient sur les trabécules, reçoivent à leur surface les corpuscules de Malpighi, et là se partagent en deux faisceaux, l'un qui se distribue sur le corpuscule et le pénètre même quelquefois, l'autre qui se rend dans la pulpe splénique où il s'anastomose avec les radicules des veines.

La *veine splénique* est remarquablement plus volumineuse que l'artère. L'origine de la veine splénique dans la rate a vivement excité la sagacité d'un grand

(1) *Bibliothèque médicale*, t. VI, 1804, p. 288.
(2) *Thèse cit.*, p. 57.
(3) *Ouvr. cit.*, p. 498.
(4) *Mém. et Rec. cit.*

nombre d'anatomistes. L'opinion la plus ancienne, celle de Malpighi, consistait à faire naître les veines dans les cellules spléniques, qu'il considérait comme des appendices des veines. Ruysch (1), d'après ses injections, déclara que la substance de la rate humaine n'était qu'une agglomération d'artères, de veines, de vaisseaux lymphatiques et de nerfs, environnés et réunis par des membranes. Il nia l'existence des corpuscules et des cellules de la rate. Quant aux anatomistes modernes, ils sont à peu près unanimes pour reconnaître que les divisions ultimes des veines se comportent dans la rate comme dans tous les autres organes.

Les observateurs sont loin de s'entendre sur la disposition des *vaisseaux lymphatiques*. Les uns (Bourgery, Tiedemann et Gmelin, etc.) considèrent la rate comme essentiellement formée par des vaisseaux et des ganglions lymphatiques ; les autres [Sappey (2), Kölliker (3)] nient à peu près l'existence de lymphatiques superficiels, et n'admettent qu'un petit nombre de lymphatiques profonds. Ceux-ci, se réunissant en cinq ou six troncs dans le hile de la rate, traversent quelques petites glandes lymphatiques placées à ce niveau, et vont ensuite se jeter dans le canal thoracique à la hauteur de la deuxième vertèbre lombaire. — Les *nerfs* naissent du plexus solaire et se distribuent dans la rate en accompagnant les artères jusque sur les vésicules de Malpighi et dans la pulpe splénique où leur mode de terminaison n'est point connu.

II. — Si l'on passe en revue les diverses théories rationnelles qu'on a proposées sur les fonctions de la rate, il est facile de reconnaître qu'elles peuvent être rapportées à deux principales : 1° la rate remplit des fonctions mécaniques; 2° la rate est un organe d'élaboration et de transformation.

En examinant la succession des hypothèses dont il s'agit, on s'aperçoit qu'elles ont suivi les progrès de l'anatomie et le perfectionnement des moyens d'observation. Les anciens n'avaient aucune notion de la texture intime des organes, aussi ont-ils attribué à la rate les usages les plus bizarres (*). — Mais bientôt on reconnaît que la rate est un organe extensible, rempli de cellules communiquant toutes entre elles et pouvant recevoir une énorme quantité de sang : c'est alors que ce viscère est considéré comme un diverticulum pour les vaisseaux de l'estomac seulement, ou même pour le système vasculaire tout entier. — Puis Malpighi fait faire un grand pas à l'anatomie de texture ; il découvre dans la rate des corpuscules qui lui sont propres, et dont l'existence tend à faire rejeter la précédente opinion, comme trop exclusivement mécanique : ces corpuscules ou glandules vont avoir pour but de *sécréter* un principe spécial susceptible de modifier le sang splénique, afin qu'il puisse servir à la formation de la bile ou convertir les globules du chyle en globules sanguins, etc.

(1) *Opuscul. anat. de fabr. gland. in corp. hum.* Amsterdam, 1733, in-4°.
(2) *Anat. descript.* Paris, 1859, t. III, p. 331.
(3) *Loc. cit.*

(*) Ces théories anciennes sur les usages de la rate sont nombreuses et ont été consignées, pour la plupart, dans les *Elementa physiologiæ* de HALLER. — C'est ainsi que Galien considérait la rate comme un organe sécréteur de l'atrabile ; pour Pline, elle était le siége du rire et de la joie ; pour d'autres, le siége de la mélancolie ; pour Van Helmont, de l'âme sensitive. — Les uns pensaient qu'elle faisait subir une élaboration particulière au sang qui se rend aux parties génitales, et qu'elle était le siége de l'appétit vénérien ; les autres, qu'elle sécrétait un suc excitateur des mouvements du cœur, ou une humeur synoviale lubrifiant les viscères abdominaux, ou bien encore un liquide propre à adoucir la bile, à échauffer le sang, à l'atténuer. — La rate était pour ceux-ci l'organe du sommeil ; et, selon ceux-là, elle produisait un acide transmis à l'estomac par les vaisseaux courts, etc. Il serait inutile de s'attacher à combattre de pareilles opinions qui ne reposent sur aucune base.

Mais il devait naître dans l'esprit de quelques observateurs que les deux précédentes manières de voir pouvaient bien ne pas s'exclure ; aussi a-t-on eu des opinions mixtes qui attribuent des fonctions différentes à la partie dilatable et contractile de la rate et à sa partie glandulaire : à la première serait réservé un rôle purement mécanique, et à la seconde un rôle d'élaboration.

Enfin, suivant toujours les progrès de l'anatomie, on voit une nouvelle idée surgir des recherches microscopiques le plus récemment faites sur la rate : cette idée se rattache d'ailleurs à la théorie qui regarde la rate comme un organe de transformation. L'observation y fait découvrir des granulations de couleur et de forme variables, qui se groupent de différentes manières, etc. : Kölliker, et, avec lui, un assez grand nombre de physiologistes croient trouver dans ce fait la preuve que la rate a pour principal usage de détruire les globules sanguins, au lieu de contribuer à leur formation, comme on l'avait supposé auparavant.

A. — C'est une opinion déjà ancienne que celle qui représente la rate comme un *diverticulum* pour le système vasculaire de l'estomac, et même pour celui de tout le corps. Mais, nous l'avons dit, l'existence et la disposition des corpuscules de Malpighi tendent à démontrer que la rate ne saurait remplir exclusivement un rôle aussi subalterne que celui de réservoir.

Hodgkin (1) a de nouveau soutenu et développé une théorie analogue : considérant la structure et la situation de la rate, les causes qui la rendent malade, l'influence de ses maladies sur la santé générale, et le résultat de quelques expériences faites sur les animaux, il pense que la rate sert à prévenir les inconvénients qui pourraient résulter d'un trouble soudain dans le rapport qui existe entre la capacité et le contenu du système sanguin. Dans l'opinion de cet observateur, la destination de la rate a quelque rapport avec celle des tubes de sûreté et des soupapes dans plusieurs appareils chimiques et mécaniques ; elle correspondrait au tube moyen de l'appareil de Wolf.

Quelques années plus tard, Dobson (2) donna son assentiment à cette même théorie, en l'appuyant d'expériences exécutées sur des chiens dans les conditions suivantes : — 1° Quatre heures après un fort repas, il examina la rate d'un de ces animaux ; elle était volumineuse et dure. — 2° Cinq heures après un repas aussi copieux que le précédent, il mit à nu la rate d'un autre chien de même taille : elle était plus volumineuse et plus dure encore que celle du premier. — 3° Après douze heures d'un jeûne absolu, il observa la rate d'un troisième chien de même taille ; elle était flasque, d'un volume beaucoup moindre et contenait une très petite quantité de sang. — Dans une autre série d'expériences, Dobson fit prendre une abondante nourriture à un chien auquel il avait préalablement enlevé la rate. Vers la quatrième heure qui suivit le repas, l'animal commença à manifester du malaise ; à la cinquième heure, il tomba dans la torpeur et offrit tous les signes d'une trop grande plénitude du système vasculaire. Bientôt les accidents diminuèrent ; ils avaient disparu complétement douze heures après le repas.

Dobson conclut de ses diverses expériences que la rate agit comme un réservoir ou un *diverticulum*, pour contenir le surplus du sang que la digestion fait affluer dans le système vasculaire : à mesure que la digestion s'opère et que les

(1) *Journal complém. du Dict. des sciences médicales*, t. XIV, 1822, p. 89.
(2) *An experimental Inquiry into the Structure and Functions of the Spleen* (*Archiv. gén. de méd.*, 1re série, 1830, t. XXIV, p. 431).

différentes sécrétions s'accomplissent, la masse du sang diminue, et celui qui momentanément distendait la rate rentre dans la circulation générale.

Une opinion mixte, qui attribue à la rate un rôle mécanique et qui en fait aussi un organe d'élaboration, a été émise récemment par Beau (1). La rate, dit-il, considérée comme organe glandulaire, fournit les liquides veineux et lymphatique, en sorte que ce viscère est chargé d'une double élaboration : d'un côté, par le sang veineux, il modifie les aliments qui ont pénétré dans le système de la veine porte, et les dispose à subir l'élaboration de la sanguification hépatique ; d'un autre côté, par la lymphe particulière qu'il envoie au canal thoracique, il modifie également le chyle et le rapproche de la nature du sang. Beau n'est pas éloigné de penser que le sang veineux splénique, caractérisé par une fibrine déliquescente, est ainsi transformé par un liquide que sécrètent les grains glanduleux de la rate (corpuscules de Malpighi). — Considérée comme organe dilatable et contractile, la rate peut remplir, suivant le même observateur, à l'égard du système porte, l'office d'un véritable cœur à impulsion continue ; mais ce cœur n'agit que lorsque la colonne sanguine de la veine porte, entravée dans son mouvement, a besoin d'un surcroît de propulsion pour pouvoir traverser le foie.

B. — Malpighi, n'accordant aucune confiance à toutes les théories plus ou moins bizarres émises par ses devanciers, essaya de déterminer les usages de la rate à l'aide de l'expérimentation. Il enleva ce viscère à un chien qui survécut à l'opération ; mais aucun changement ne survint dans la santé de l'animal (*), et l'autopsie n'apprit rien à Malpighi, qui dut se borner à faire des conjectures. Il pensa que le sang qui sort de la rate a acquis une vertu particulière qui se communique ensuite à la masse totale de ce fluide. Ce changement, d'après lui, s'opère dans les cellules, et l'agent modificateur est apporté par les artères ou bien encore par les nerfs qu'il considère comme canaliculés et contenant le suc nerveux. Cette modification du sang a pour but, suivant Malpighi, de faciliter la sécrétion et l'excrétion de la bile, de mélanger plus intimement le chyle et le sang, et par là de présider à toutes les sécrétions : « C'est, dit-il à propos de la précédente modification, un baume universel qui nourrit, fortifie et conserve absolument toute la masse du sang (2). »

Il est difficile de comprendre que l'ingénieux Malpighi ait attribué une aussi grande importance à la rate, puisque ses expériences lui avaient démontré que l'extirpation de ce viscère peut n'amener aucun changement dans la santé de l'animal qui l'a subie.

Une opinion, qui dérive de la précédente, considère la rate comme servant essentiellement à l'hématose. W. Hewson (3), puis Tiedemann et Gmelin (4), Bourgery (5), Donné (6), etc., ont adopté cette opinion, en l'interprétant d'une manière un peu différente dans les détails.

Hewson attribue à la rate le rôle de fournir aux noyaux sanguins, formés dans le thymus et les glandes lymphatiques, une enveloppe et une matière colo-

(1) *Archiv. gén. de médecine*, 4e série, 1851.

(*) La même innocuité a été reconnue par la plupart des expérimentateurs qui, depuis Malpighi, ont pratiqué l'ablation de la rate.

(2) *Ouvr. cit.*, trad. franç., p. 273.

(3) *Experimental Inquiries*, part. III, p. 107, in-8. London, 1777.

(4) *Recherches sur les fonctions de la rate*, trad. franç. de Heller. Paris, 1831, p. 80.

(5) *Loc. cit.*

(6) *De l'origine des globules du sang, de leur mode de formation et de leur fin* (*Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, séance du 7 mars 1842).

rante rouge (hématosine). Il suppose que cette matière est sécrétée par les artères spléniques, et que les globules sanguins, ainsi constitués, sont repris par les lymphatiques et portés dans le canal thoracique pour aller se perfectionner ultérieurement dans le reste du système circulatoire.

Fr. Arnold (1), C. H. Schultz (2), etc., ayant trouvé des globules sanguins tout formés ou en train de se former dans la rate, en ont conclu que cet organe est appelé à transformer les globules du chyle en globules du sang.

Quant à Tiedemann et Gmelin (3), ils croient que la transformation des globules du chyle n'a pas lieu dans la rate, mais dans l'appareil circulatoire général. De leurs expériences, faites sur trois chevaux et sur un chien, ils tirent les conclusions suivantes : La rate est un viscère qui est en rapport très intime avec le système absorbant; elle est destinée à séparer du sang artériel un fluide coagulable, qui est pris ensuite par les vaisseaux absorbants et porté dans le canal thoracique. La sécrétion de ce fluide et son introduction dans le canal thoracique ont pour but d'assimiler le chyle à la masse du sang.

Sur une chienne à laquelle ces deux observateurs avaient extirpé la rate depuis dix-huit jours, ils trouvèrent, à l'autopsie, tous les ganglions lymphatiques de l'abdomen très injectés de sang et beaucoup plus volumineux qu'à l'état normal; d'où ils conclurent que la rate et les ganglions lymphatiques doivent être solidaires dans leur rôle, et que sans doute ces derniers peuvent suppléer la rate dans ses fonctions. C'est ainsi que, dans leur opinion, s'expliquerait l'innocuité de l'*extirpation* de cet organe pratiquée par un assez grand nombre d'expérimentateurs.

Donné (4) arriva aussi, de son côté, à faire jouer à la rate un rôle important dans l'hématose, en s'appliquant à rechercher le mécanisme qui ferait passer, suivant lui, les globules du chyle à l'état de globules blancs, et ceux-ci à l'état de globules rouges. « C'est la rate, dit-il, qui paraît être spécialement chargée de cette transformation ; c'est du moins dans cet organe que l'on trouve le plus grand nombre de globules blancs à tous les degrés de formation. »

Bourgery (5), comme Tiedemann et Gmelin, assimile, au point de vue fonctionnel, la rate à un ganglion lymphatique.

Les théories qui nous restent à faire connaître sont basées principalement sur l'examen microscopique de la pulpe ou du sang splénique. Depuis une quinzaine d'années environ, des recherches assez nombreuses ont été accomplies dans cette voie nouvelle.

Les opinions le plus récemment débattues sur le rôle physiologique de la rate peuvent se rattacher à deux principales : dans l'une, on prétend que les globules du sang sont détruits par la rate ; dans l'autre, on soutient que ces globules y prennent naissance, dernière opinion qui n'est qu'une variante de celle de Hewson. Les partisans de chacune de ces théories partent de l'observation des mêmes faits qu'ils interprètent d'une manière différente.

La première théorie, ou théorie dite *régressive*, a pour principal représentant Kölliker; la deuxième, ou théorie *progressive*, a été reprise et soutenue surtout par Gerlach.

(1) *Lehrbuch der Physiologie*, t. II, p. 164.
(2) *Das System der Circulation*, etc., p. 47. Stuttgard, 1836.
(3) *Loc. cit.*
(4) *Rec. cit.*, t. XIV, p. 368, année 1842.
(5) *Loc. cit.*

Œsterlen (1), Remak (2), et Handfield Jones (3) avaient déjà signalé, dans la rate de plusieurs animaux, des corpuscules variés d'aspect, de forme et de couleur ; mais ils n'avaient trouvé aucune explication de ce fait digne de remarque. En juin 1847, Kölliker (4) aperçut dans la pulpe splénique des cellules renfermant des globules du sang et des corpuscules de couleur et de forme variables : il les considéra comme provenant de métamorphoses des globules sanguins.

D'après cet habile observateur, les globules du sang, extravasés dans les aréoles, deviennent plus petits, plus foncés, et en même temps ils se réunissent en amas arrondis : tantôt ces amas persistent dans l'état où ils se sont formés ; tantôt, par l'addition d'une petite quantité de plasma, par l'apparition d'un noyau dans l'intérieur du groupe et le développement d'une membrane d'enveloppe, ils se transforment en *cellules arrondies contenant des globules sanguins*. Or, ces cellules, qui contiennent de 1 à 20 globules sanguins, passent successivement du jaune doré au rouge brun et au noir, et deviennent des granulations pigmentaires, aussi bien que les globules sanguins eux-mêmes qui se rapetissent de plus en plus, changent de couleur et puis enfin disparaissent par leurs transformations mêmes.

Ces transformations des globules du sang doivent-elles être considérées comme un phénomène physiologique ou pathologique ? Kölliker (5) se rattache actuellement à cette dernière opinion. « Plus, dit-il, j'envisage le phénomène dans sa généralité, plus je suis porté à penser que la série des transformations des globules du sang dans le parenchyme splénique n'appartient pas à l'état normal, et que, si la rate est un organe dans lequel les globules du sang se détruisent normalement, ce phénomène ne peut s'accomplir que dans l'intérieur des vaisseaux. Que cette destruction ait lieu réellement dans la rate, bien plutôt que dans le foie, je le crois encore aujourd'hui, mais j'abandonne définitivement l'idée d'appuyer cette doctrine sur les faits qui en avaient d'abord éveillé en moi la pensée, c'est-à-dire sur l'apparition fréquente des globules sanguins en voie de décomposition dans la pulpe splénique. »

Les recherches d'Ecker (6) et de Landis (7), faites à la même époque que celles de Kölliker, tendaient à confirmer l'ancienne manière de voir de cet investigateur. Mais, en 1848, Virchow (8) lui objecta qu'il n'avait jamais trouvé de cellules renfermant des globules sanguins ; que celles qu'on observe dans le parenchyme de la rate sont des cellules préexistantes et infiltrées d'hématine ; que les globules du sang se réunissent quelquefois en petits groupes dont les bords sont transparents, ce qui en impose pour une membrane enveloppante ; qu'enfin tout ce que l'on connaît sur la formation des cellules en général s'oppose à ce qu'on leur assigne une pareille origine.

Virchow reconnaît toutefois que les globules du sang peuvent subir une dissolution dans la rate ; mais, avec Hewson, il pense qu'ils y prennent aussi naissance. C'est également l'opinion de Tigri (9).

(1) *Beiträge*, etc., 1843.
(2) *Pathogn. und Diagn. Untersuch.*, 1845, p. 117.
(3) *London Medical Gazette*, janvier 1847.
(4) *Ueber den Bau und die Verrichtungen der Milz* (in *Mittheil. der Züricher Nat. Gesellschaft*, juin 1847.
(5) *Éléments d'histologie*, trad. franç. Paris, 1856, p. 499.
(6) *Zeitschr. für. rat. Med.* 1847, VI, p. 261.
(7) *Beiträge zur Lehre über die Verrichtungen der Milz.* (dissert. inaug.). Zurich, décembre 1847.
(8) *Archiv für. Anat., Phys. und Path.*, 1848, I, p. 379.
(9) *Della funzione della milza*, 1848 et 1849.

Kölliker, dont la doctrine était attaquée en Allemagne par Virchow, trouva à la même époque un défenseur en France dans J. Béclard (1) qui, ayant analysé le sang de la veine splénique et le sang des jugulaires, trouva dans cette analyse des différences desquelles il tira les conclusions suivantes. — Le sang de la veine splénique renferme moins de globules que le reste du sang veineux ; — il contient une plus grande quantité d'albumine et aussi de fibrine. — Les globules du sang éprouvent une dissolution dans la rate.

Les principaux auteurs qui ont adopté la théorie opposée ou *progressive* sur les fonctions de la rate sont : Gerlach (2), Schaffner (3), Funke (4), Beck (5), J. Bennett (6), etc. Ils ont reconnu, comme Kölliker, que la rate renferme des cellules où se trouvent des globules de sang à différents états de développement, mais ils donnent à ce fait une interprétation tout opposée : car, au lieu de penser que ce sont des globules en voie de dissolution, ils croient au contraire que ce sont des globules en voie de formation.

De recherches ultérieures Kölliker a conclu que la rate n'a pas seulement pour fonction de dissoudre les globules sanguins, mais encore d'élaborer (à l'aide des corpuscules de Malpighi probablement) certaines substances portées ensuite dans le torrent de la circulation par les lymphatiques et les veines. — Führer et Ludwig (7) admettent aussi que les globules du sang sont détruits dans l'organe indiqué ; mais ils pensent de plus que l'*urée* est un des principaux produits qui résultent de cette destruction des précédents globules dans la rate.

C. — La rate change rapidement de volume sous une influence pathologique ; le fait est incontestable. Mais y a-t-il dans la rate des changements de volume qui s'accomplissent normalement, par exemple à chaque digestion ? Les expériences paraissent assez nombreuses et assez convaincantes pour que l'on puisse répondre par l'affirmative. En effet, nous avons dit que, ayant examiné trois chiens, dont deux quatre et cinq heures après un repas copieux, et le troisième après douze heures de jeûne (les trois chiens étant de même taille), Dobson trouva la rate des deux premiers noire, gorgée de sang et beaucoup plus volumineuse que la rate du troisième, qui était molle, grisâtre et comme flétrie. Piorry a prétendu pouvoir se rendre un compte exact des différences de volume de la rate à l'état physiologique, en administrant du sulfate de quinine et percutant presque immédiatement la région splénique. Mais les expériences de Stinstra (8), qui sont plus récentes, tendent à prouver que le sulfate de quinine n'a pas d'influence sur la contractilité de la rate *saine*.

Goubaux (d'Alfort) a fait, sur des chevaux et des chiens, des expériences qui démontrent que la rate augmente de volume pendant l'absorption des boissons. Après avoir pratiqué l'œsophagotomie, lié le pylore et mis la rate à découvert sur un chien, il mesura la rate, qui offrait 10 centimètres en longueur

(1) *Arch. génér. de méd.*, 4e série, t. XVIII. — *Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, 3 janvier 1848.

(2) *Zeitschr. für. rat. Med.*, 1849, t. VII, p. 75.

(3) *Zeitschr. für. rat. Med.*, 1849, t. VIII, p. 345.

(4) *De sanguine venæ lienalis* (dissert. inaug.). Lipsiæ, april. 1851.

(5) *De structura et functione lienis* (*Untersuch. und Studien im Gebiete der Anat., Phys. und Chir.*, Karlsruhe, 1852, p. 81).

(6) *Monthly Journal*, mars 1852.

(7) *Archiv für Physiol.*, etc., de VIERORDT, 1855, p. 215-471.

(8) *Commentatio physiologica de functione lienis*. Leyde. 1859, p. 146. — Ce travail me paraît être le plus complet qu'on ait publié jusqu'à présent sur les usages de la rate.

et 4 centimètres 5 millimètres en largeur, puis il injecta dans l'estomac un demi-litre d'eau environ. Cinq minutes après, la rate avait augmenté d'un centimètre en largeur et en longueur ; l'augmentation continua pendant une heure. La rate offrait alors 15 centimètres en longueur et 7 centimètres dans l'autre sens.

Goubaux a remarqué que, chez les chiens (il en est probablement de même chez les autres animaux), le maximum d'ampliation que peut atteindre la rate après l'ingestion des boissons correspond exactement au volume qu'on peut lui donner par l'insufflation.

Quelle peut être la cause de cette augmentation de volume ? On a supposé que, par suite de l'abondance des liquides digestifs qui s'accumulent dans les veines et les intestins, dans la veine porte et le foie, ces organes opposent une résistance considérable à la pression du sang, et que par cela même ce fluide doit tendre à refluer dans la rate, organe facilement extensible qui acquiert un volume considérable. On a également admis que les veines du grand cul-de-sac absorbent le liquide introduit dans l'estomac et le portent dans la veine splénique. Alors le sang changerait son cours ; au lieu de se porter de la rate vers le foie, il rétrograderait et retournerait vers la rate. C'est une opinion à peu près semblable à celle qui veut que le sang de la veine porte puisse retourner au rein par la veine cave inférieure.

D. — La rate est un organe *contractile*, comme le démontrent des recherches encore récentes (*). Defermon (1) a observé que, si l'on fait prendre de la strychnine à un chien, et si l'absorption a lieu, la rate, qui est plate, se roule en spirale et présente des contractions fort énergiques. Des expériences confirmatives ont été faites, à l'aide de l'électricité, d'abord par R. Wagner (2). Elles ont été répétées, depuis, au sein de la Société de biologie (3) : on fit passer, vers les deux extrémités de la rate d'un chien vivant, le courant intense d'un appareil électro-magnétique, et, quelques minutes après, on constata qu'elle avait perdu 2 à 3 centimètres en longueur. Le courant dirigé dans l'axe transversal diminua également l'épaisseur de l'organe. Après avoir détaché la rate et l'avoir fixée par son pédicule à l'un des conducteurs de l'appareil électro-magnétique, il fut évident qu'à chaque contact de l'autre conducteur, elle éprouvait des mouvements d'ondulation et de torsion. Stinstra (4) a aussi conclu d'un assez grand nombre d'expériences faites avec l'électricité, que la rate est un organe doué de contractilité. Mais, nous l'avons dit déjà, cette propriété ne s'est point révélée à lui sous l'influence du sulfate de quinine ; ce résultat négatif tend à infirmer l'assertion émise par Piorry.

En *résumé*, il est impossible, à notre sens, de ne point reconnaître tout ce qu'il y a encore d'hypothétique dans la plupart des données qui précèdent sur le rôle de la rate, aussi bien que sur celui du foie, dans la destruction ou dans le renouvellement des globules sanguins. N'a-t-on pas vu ces globules se détruire, puis se renouveler chez des chiens ayant survécu à l'ablation de la rate sans altération de leur santé,

(*) Notamment celles de R. Wagner, Siebert, Dittmar et Mazonn (*loc. cit.*).

(1) *Bulletin des sciences médicales* de Férussac, 1-2, 1824, p. 114.

(2) *Unters. über die Contractilität der Milz* (*Nachr. u. d. Göttinger Gelehrten Anzeigen*, etc., 1849).

(3) *Comptes rendus des séances et Mémoires de la Société de biologie*, t. I, p. 157.

(4) *Mém. cit.*, p. 141 et 146.

et chez des grenouilles privées de leur foie? Vouloir absolument localiser les phénomènes dont il s'agit, en leur assignant le système capillaire de tel ou tel organe particulier, nous semblerait donc une exagération. Les globules sanguins disparaissent sans doute comme ils sont venus : il s'en forme constamment de nouveaux dans le plasma du sang de *tous les organes*, et quand ils y ont parcouru un certain cercle de métamorphoses, quand ils ont atteint un certain âge, ils se dissolvent dans ce plasma en général, absolument de même que d'autres cellules (par exemple les cellules glandulaires) se dissolvent d'elles-mêmes lorsqu'elles sont parvenues à un degré déterminé de développement, ou bien crèvent en laissant échapper leur contenu. En d'autres termes, le contenu des globules hématiques doit pouvoir retourner dans le plasma du sang partout où ces corpuscules s'étaient d'abord développés, sans que, jusqu'à présent, on soit suffisamment autorisé à désigner un organe plutôt qu'un autre comme siége d'un pareil phénomène (*).

Tout porte à croire que la rate est le siége d'une sécrétion particulière dont le produit, faute de canaux excréteurs, rentre dans la circulation par voie d'absorption ; mais, jusqu'ici, on ignore et la nature et le rôle du produit d'une pareille élaboration. La rate, organe dilatable et contractile, paraît tout à la fois un diverticulum sanguin, et un centre d'impulsion pouvant concourir à pousser le sang de la veine porte à travers le foie.

DES CAPSULES SURRÉNALES ET DE LEURS FONCTIONS.

I. — Les *capsules surrénales* se rapprochent, par leur structure, des glandes vasculaires sanguines. La richesse de leurs appareils nerveux et vasculaire semble tout d'abord indiquer qu'elles ont un rôle important à remplir dans l'économie.

Leur texture intime a été l'objet de travaux assez nombreux, dus notamment à C. Bergmann (1), Ecker (2), Leydig (3), Kölliker (4), et G. Harley (5).

Les capsules surrénales sont constituées par une mince enveloppe de tissu conjonctif de la face interne de laquelle partent de nombreuses cloisons, et par un parenchyme composé de deux substances, l'une *corticale*, l'autre *médullaire*. La première de ces substances est elle-même formée de deux couches : l'une, externe, d'un jaune pâle ; l'autre, interne, colorée assez fortement en brun. La substance médullaire, plus claire, gris jaunâtre, est surtout abondante à la partie moyenne de la capsule (2 à 3 millimètres d'épaisseur).

La *substance corticale* est constituée par du tissu conjonctif interceptant des alvéoles décrits par Ecker sous le nom d'*utricules glandulaires*. Leur contenu comprend un plasma riche en albumine, des cellules, des noyaux et de nombreuses particules graisseuses. Ces alvéoles sont entourés d'un réseau vasculaire très abondant, mais qui ne pénètre jamais dans l'épaisseur de la paroi.

(*) Comme recherches tendant à faire rejeter l'opinion que *la rate serve plus spécialement qu'un autre organe*, soit à la destruction des globules sanguins, soit à leur formation, consultez surtout celles de : REMAK, *Müller's Archiv*, 1851. — SANDERSON, *Monthly Journal*, septembre 1851. — HLASEK, *Disquisitiones de structura lienis* (diss. inaug.). Dorpati, 1852. — SANDERS, *Goodsir's Annals of Anat. and Physiol.*, 1850, t. I, p. 49, et t. II, p. 89.

(1) *Dissert. de glandulis supra-renal.* Göttingen, 1839.

(2) WAGNER'S *Handwört. d. Physiol.*, IV, 1849, art. *Blutgefässdrüsen.*

(3) *Beitr. zur Anat. d. Rochen*, etc., 1852.

(4) *Éléments d'histologie humaine*, p. 547 et suiv., trad. franç. Paris, 1856.

(5) *Histology on the Jupra-renal Capsules* (*The Lancet* of June, 5th and 12th. 1858).

Harley, qui a fait une étude consciencieuse de la structure des capsules surrénales, recommande de mettre en usage des coupes extrêmement fines de ces organes préalablement durcis à l'aide de l'acide chromique; on rend ensuite ces coupes transparentes au moyen de la glycérine. Or, quand on étudie ces coupes avec un grossissement de 80 diamètres, on constate aisément que la substance corticale est composée de nombreuses cellules disposées en rangées de volume irrégulier. Ces rangées ressemblent à des colonnes de couleur jaune foncé; elles sont perpendiculaires à la surface de la capsule, et se terminent assez brusquement au bord de la substance médullaire. Si l'on a recours à un grossissement de 400 diamètres, on voit alors que les cellules qui constituent les rangées précédentes ont 1/70^e à 1/40^e de millimètre, et qu'elles sont composées d'une membrane enveloppante, de granulations, de matière colorante, d'un nucléole et d'une quantité plus ou moins grande de globules huileux. — Sur une bonne coupe, dit Harley, on reconnaît que les cellules ont un arrangement défini : elles constituent des masses disposées en rangées parallèles présentant l'aspect de colonnes. Ces colonnes, quelquefois très courtes, occupent dans certains cas toute l'épaisseur de la substance corticale; leur largeur, au contraire, est assez uniforme. Chaque colonne, ou amas de cellules, est séparée des autres parties par un tissu fibreux interposé, dérivant de la capsule fibreuse qui enveloppe l'organe. Dans les cas où toutes les colonnes traversent l'épaisseur entière de la substance corticale, on croirait avoir affaire à un tube, opinion soutenue par divers observateurs.

Lorsqu'on pratique des coupes perpendiculaires à la direction de ces sortes de colonnes, on constate que les terminaisons des amas cellulaires, en forme de colonne, apparaissent comme des espaces ronds ou ovalaires remplis de cellules. Ces espaces ronds, qui renferment les cellules, varient de 1/40^e à 1/13^e de millimètre, et contiennent ordinairement d'une à cinq cellules; ils sont quelquefois très intimement unis ensemble, et d'autres fois laissent entre eux des lacunes plus ou moins considérables.

Harley rejette l'opinion de Kölliker consistant à ne regarder les cavités qui renferment les cellules que comme de simples alvéoles creusés aux dépens de l'organe, et n'ayant aucune membrane pour limite. Il pense que les alvéoles sont enveloppés d'un tissu homogène qui, après quelques semaines de séjour dans la glycérine, devient généralement facile à observer.

Quelquefois toutes les cellules se détachent ensemble de l'alvéole, et paraissent maintenues par une matière qu'on ne peut apprécier.

Quant à la *substance médullaire*, dont la couleur est d'un gris d'ardoise claire, elle n'offre pas de cellules disposées en forme de colonnes, mais ressemble plutôt à une masse uniforme de cellules, limitées de chaque côté par les colonnes corticales. A son centre se voient de très nombreuses ouvertures, qui lui donnent un aspect caractéristique, et qui ne sont autres que les orifices de ses sinus.

Si, à l'exemple de Harley, on emploie un grossissement de 400 diamètres, on reconnaît que cette substance est composée de fibres réticulaires, dans les mailles desquelles se trouvent des cellules larges, de couleur pâle, et des nucléoles ronds. Les cellules sont isolées en petits groupes environnés de fibres; ceux-ci n'offrent aucune membrane enveloppante, et ne se laissent détacher des fibres qu'avec une certaine difficulté.

Ecker indique le réseau qui renferme les cellules comme composé de fibres de tissu conjonctif, de vaisseaux et de nerfs très nombreux.

Ces cellules ont été considérées comme ressemblant aux corpuscules ganglionnaires ; elles renfermeraient un contenu finement granulé, avec quelques rares granulations graisseuses ou pigmentaires. Il est vrai, selon Harley, que cet aspect peut se présenter lorsqu'on les examine en pelotons : alors elles paraissent offrir le même diamètre, ont un nucléole bien marqué, et semblent avoir une sorte de queue (aspect dû à des portions du tissu réticulaire) ; mais, au dire de cet observateur, quand on les examine isolées, jamais on ne constate cette disposition.

Les cellules et les noyaux sont remplis et entourés de granulations. Les vaisseaux sont très nombreux et siégent dans le stroma de l'organe. Les *artères* forment deux réseaux : l'un à mailles allongées, pour la substance corticale ; l'autre à mailles plus arrondies, pour la substance médullaire. Les artères de la substance corticale, descendant le long des cloisons pour se rendre dans la substance médullaire, s'envoient de très nombreuses anastomoses transversales, de telle sorte que chaque amas de cellules, chaque colonne, est entouré d'un réseau vasculaire très abondant. D'autres vaisseaux artériels arrivent directement à la substance médullaire. Les *veines* naissent principalement du réseau capillaire de la substance médullaire.

Quelques rares ramuscules *lymphatiques* superficiels ont été aperçus sur la capsule surrénale. Au contraire, les *nerfs* sont très nombreux : ils viennent du plexus semi-lunaire et du plexus rénal, et semblent principalement destinés à la substance médullaire. D'après Pappenheim et Remak (1), ces nerfs ne seraient composés que de fibres embryonnaires, tandis que d'autres observateurs pensent qu'ils sont formés de tubes nerveux véritables. Chez le lapin, le cochon d'Inde, le chien et le chat, Brown-Séquard (2) n'a trouvé que très rarement quelques fibres à double contour, tandis que les fibres nerveuses très fines (fibres sympathiques de Bidder et Volkmann) y abondent.

Le développement des capsules surrénales coïncide avec celui des reins, mais il a lieu indépendamment du développement de ces derniers, aux dépens d'un blastème issu du feuillet moyen du blastoderme, suivant Remak. D'abord la capsule surrénale est plus grosse que le rein ; puis, au quatrième mois de la vie intra-utérine, elle présente le même volume que cet organe. A six mois, le poids de la capsule serait à celui du rein :: 2 : 5 ; chez le fœtus à terme :: 1 : 3 ; chez l'adulte : : 1 : 28 (J.-F. Meckel) (3). — A la naissance, le poids des capsules, dans l'espèce humaine, serait de 3gr,60. Comparé au poids du corps, il serait :: 1 à 475, et chez l'adulte : : 1 : 4800. Proportionnellement au rein, on obtiendrait les chiffres suivants : : 1 : 2 chez des fœtus de 8 mois, : : 1 : 14, 25, 30 chez l'adulte (Huschke).

II. — Pendant longtemps, on n'a possédé aucune notion sur les usages des capsules surrénales. Dans ces dernières années, depuis surtout la publication du remarquable travail de Th. Addison (4) sur une nouvelle affection dite *maladie bronzée*, des expériences assez nombreuses ont été entreprises, et la science

(1) HENLE, *Anat. génér.*, t. II, p. 585-6, traduct. franç. Paris, 1843.

(2) *Rech. expériment. sur la physiol. et la pathol. des capsules surrénales* (*Arch. génér. de méd.*, 5e série, octobre 1856, t. VIII, p. 388).

(3) *Manuel d'anat. génér. descript. et pathol.*, t. III, p. 592, trad. franç. de Jourdan et Breschet. Paris, 1825.

(4) *On the Constitutional and the Local Effects of Disease of the supra-renal Capsules.* London, 1855.

paraît avoir acquis quelques données physiologiques au sujet de ces organes.

Les capsules surrénales furent autrefois considérées comme un élément accessoire du système uropoiétique ; mais, comme elles ne suivent jamais les reins dans leurs déplacements congénitaux, cette manière de voir fut rejetée. Quelques observations firent aussi, mais à tort, songer à une relation entre ces organes et ceux de la génération.

Heim (1) et Naumann (2) pensèrent que les capsules surrénales jouent un rôle analogue à celui du thymus et de la rate ; qu'elles sont en rapport avec l'hématose, à cause de leurs nombreux vaisseaux. Naumann avança en outre qu'il existe, entre ces organes et le rein, le même rapport qu'entre la rate et le système de la veine porte : le sang veineux y serait en quelque sorte revivifié, à la sortie des reins, par le mélange du sang artériel qui afflue dans les capsules.

Se fondant sur ce que, chez les monstres acéphales, les capsules surrénales sont atrophiées (Hewson, Cooper, Klein, Rayer, etc.) ; puis, prenant acte de l'amincissement de ces organes observé à la suite de certaines affections de la moelle et du cerveau ; tenant compte aussi de leur richesse extrême en nerfs, Bergmann fils (3) conclut qu'ils représentent des ganglions nerveux. Il soutint aussi l'opinion que leur structure était analogue à celle de la moelle et du cerveau.

Cassan (4) avait noté que les capsules surrénales sont plus volumineuses chez les nègres que chez les Européens. Cette remarque, tout d'abord regardée comme insignifiante, a acquis une véritable importance, depuis les travaux modernes. J. F. Meckel (5) avait fait la même observation. Mais, au lieu d'établir une relation entre ce volume et la sécrétion pigmentaire, on se rattachait alors à cette idée, que le développement considérable de ces organes était en rapport direct avec celui des organes génitaux.

Enfin, en 1855, Addison (6) publia des faits tendant à établir que les capsules surrénales sont très importantes au point de vue physiologique ; que, de plus, il y a une relation entre leur absence ou la diminution de leur action et la quantité de pigment déposé dans la peau. Addison, étudiant certaines formes d'anémie qui ne lui semblaient pas pouvoir se rapporter aux causes indiquées jusqu'à présent, décrivit une affection caractérisée principalement par un état marqué d'anémie, une coloration brune ou bronzée de la peau, un affaiblissement remarquable des battements du cœur, une irritabilité très prononcée de l'estomac, etc. Alors, poursuivant sans relâche ses recherches anatomo-pathologiques, il parvint à saisir une certaine relation entre ces désordres et les altérations des capsules surrénales. Dans presque toutes ses autopsies, en effet, il constata des lésions graves, mais, il faut le dire, fort diverses de ces petits organes (capsules dures, pierreuses, fluides, renfermant des concrétions fibrineuses, de la graisse, de la matière tuberculeuse, de la matière cancéreuse, etc.). Presque toujours aussi il y avait d'autres organes altérés. Quoi qu'il en soit, Addison devait avoir de la tendance à conclure de ses observations que les capsules surrénales ont des fonctions indispensables à la vie, en voyant la mort survenir presque invariablement chez les individus atteints de la *maladie bronzée*, qu'il rattachait à une altération de ces capsules.

(1) *Dissertatio de renib. succentur.* Berlin, 1824.
(2) *Handbuch der med. Klinik*, t. VI, 1836.
(3) *Dissert. anat. et physiol. de glandulis supra-renalibus.* Göttingen, 1839.
(4) *Observations météorologiques faites sous la zone torride*, 1789.
(5) *Handbuch der path. Anat.*, t. I, p. 618.
(6) *Ouvr. cit.*

Ce fut alors que Brown-Séquard (1) entreprit des expériences sur les animaux, et arriva à la même conclusion que le pathologiste anglais. Ce physiologiste s'est en outre efforcé d'établir qu'il existe fréquemment, chez les lapins, une maladie presque toujours mortelle et constituée anatomiquement par une lésion des capsules surrénales.

J. Müller et Peipers (2) avaient déjà indiqué la grande *sensibilité* des plexus rénaux, lorsque Brown-Séquard, étudiant le degré de sensibilité des capsules surrénales, constata qu'elle était très vive chez les lapins (ces animaux crient lorsqu'on écrase leurs capsules entre les mors d'une pince) et moins développée chez les chats, les chiens et surtout chez les cochons d'Inde. Cet expérimentateur les considère comme les plus sensibles des organes abdominaux. De son côté, Gratiolet (3) n'a constaté aucun signe de sensibilité extraordinaire au moment où il agissait sur les capsules chez les cochons d'Inde.

J. F. Meckel (4) avait signalé le volume considérable des capsules proportionnellement à celui des reins pendant la vie embryonnaire, et ses observations furent confirmées par celles de Alex. Ecker (5) et de H. Frey (6), mais seulement chez l'homme. Se basant sur ces faits, Bischoff (7) semble croire que leurs usages se rapportent surtout à la vie embryonnaire. Mais, comme la remarque en a été faite justement, on devrait voir là tout au plus une preuve que leurs fonctions commencent plus tôt que celles des reins, car si la conclusion de cet auteur était juste, les capsules s'atrophieraient après la naissance, et au contraire leur développement continue. Chez l'homme, les chiens, les chats, les cochons d'Inde, elles gagnent en poids depuis la naissance jusqu'à l'âge adulte (8).

Certains faits tendent même à établir que ces organes ne sont pas essentiels à la vie embryonnaire, puisque, chez les monstres privés de tête ou d'encéphale, on ne les retrouve pas, ou que du moins ils sont dans un état rudimentaire. Les capsules surrénales ont paru également être moins utiles aux nouveau-nés qu'aux animaux adultes : il est vrai que, si la survie des premiers est beaucoup plus longue que celle des seconds après l'ablation de ces organes, cette différence peut tenir à une tout autre cause.

Indiquons maintenant les principaux résultats auxquels ont donné lieu les expériences nombreuses dans lesquelles divers physiologistes ont pratiqué l'ablation des capsules surrénales.

Ayant enlevé ou écrasé une *seule capsule*, Brown-Séquard a vu les animaux (lapins, cochons d'Inde, chiens et chats) mourir le plus ordinairement en moins de trois jours. Deux petits chiens étaient néanmoins parfaitement portants huit jours après l'opération, et rien n'annonçait leur mort prochaine. Mais, en définitive, ce physiologiste regarde la mort, en pareil cas, « sinon comme constante,

(1) *Archives gén. de méd.*, octobre et novembre 1856, 5e série, t. VIII, p. 385 et 572.
(2) J. Müller, *Manuel de physiol.*, trad. franç., édit. de Littré, t. I, p. 619. Paris, 1851.
(3) *Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, 1856, t. XLIII, p. 468.
(4) *Manuel d'anat., etc.*, trad. franç., t. III, p. 592.
(5) *Ouvr. cit.*
(6) Todd's *Cyclop. of Anat. and Physiol.*, art. Supra-renal Capsules.
(7) *Traité du développement de l'homme et des mammifères*, trad. de Jourdan, p. 295. Paris, 1843.
(8) Brown-Séquard, *Mém.* et *Rec. cit.*, p. 391.

au moins comme un résultat d'une extrême fréquence. Quant à Gratiolet (1), il pense que l'on doit établir une différence très grande entre l'opération pratiquée de tel ou tel côté : suivant lui, la capsule gauche peut être enlevée sans aucun inconvénient pour la vie des animaux, tandis que l'extirpation de la capsule droite entraîne toujours la mort. Nous verrons tout à l'heure comment on s'est rendu compte de cette remarquable différence.

A la suite de l'extirpation d'une seule capsule surrénale, les animaux sont parfois atteints de *roulement*, et dans ce cas ils *roulent* presque toujours en commençant par le côté opposé à celui de l'organe enlevé. Brown-Séquard a vu quelquefois ce roulement s'opérer tantôt à droite et tantôt à gauche chez les lapins auxquels il avait extirpé les deux capsules. Sur les mêmes animaux il dit avoir vu assez souvent l'ablation d'une seule capsule être suivie de la contraction plus prononcée de la pupille dans l'œil correspondant.

Lorsque ce physiologiste enleva les *deux capsules* sur des lapins, il constata une survie moyenne de neuf heures et quelques minutes. Gratiolet, opérant sur des cochons d'Inde, ne vit mourir ces animaux que le surlendemain, résultat qu'on a dit pouvoir s'expliquer par la différence d'âge des sujets opérés. Les animaux adultes survivent moins longtemps que les jeunes : sur cinq chiens et six chats nouveau-nés ou très jeunes (de deux à douze jours environ), la survie moyenne, après l'ablation des deux capsules, a été de trente-sept heures, la survie minimum de dix-neuf heures, et la survie maximum de quarante-neuf heures (Brown-Séquard).

Dans une note adressée à l'Académie des sciences de Paris, Philipeaux (2) conclut de ses expériences que l'extirpation des capsules surrénales n'entraîne pas nécessairement la mort des animaux. Il en a vu quelques-uns, entre autres quatre rats albinos, et plus tard des animaux à poils colorés, auxquels on avait enlevé les deux capsules surrénales, survivre à l'opération, sans qu'il fût possible de constater le moindre trouble permanent ou même passager dans leurs fonctions. Aussi ce physiologiste considère-t-il ces organes comme n'étant pas plus essentiels à la vie que la rate et le corps thyroïde. Vers la même époque, Martin-Magron (3) conserva, pendant presque deux mois, un chat auquel il avait enlevé les deux capsules surrénales. G. Harley a pratiqué plusieurs fois aussi l'ablation de ces organes, et il incline à croire que leurs fonctions sont sans grande importance.

Les résultats obtenus par ces derniers expérimentateurs ont prouvé que la mort n'est pas une conséquence inévitable de l'extirpation des deux capsules surrénales. Ajoutons néanmoins que Philipeaux (4), sur les quatre rats albinos qu'il avait annoncé être complétement guéris, en a vu mourir trois : le premier au bout de neuf jours, le deuxième après vingt-trois jours, et le troisième au trente-quatrième jour. A la vérité, il croit devoir attribuer leur mort au froid intense auquel ils auraient été exposés. Quant au quatrième de ces animaux, il continue à vivre, dit l'expérimentateur, « quoique privé des deux capsules depuis quarante-neuf jours. »

Notant avec soin l'influence de l'ablation des deux capsules surrénales sur les

(1) *Mém. cit.*
(2) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 1856, vol. XLIII, p. 904.
(3) Cité par LIÉGEOIS, *Thèse d'agrégation: Anatomie et physiologie des glandes vasculaires sanguines*. Paris, 1860, p. 63.
(4) *Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, 1856, vol. XLIII, p. 1156.

fonctions de la vie animale et de la vie organique, Brown-Séquard (1) est arrivé aux résultats suivants : les animaux tombent rapidement dans un état d'affaiblissement très notable que l'on doit distinguer de celui qui résulte de toute opération grave et douloureuse. En effet, à la suite de l'extirpation des capsules, dix ou quinze minutes après l'opération, les animaux marchent et courent comme auparavant. Puis, après un temps variable (une ou deux heures), ils s'affaiblissent de nouveau, et cet affaiblissement augmente alors assez rapidement ; il est surtout porté très loin un quart d'heure ou vingt minutes avant la mort. Quelque temps aussi avant qu'elle survienne, se montre une véritable paralysie, frappant d'abord les membres postérieurs, puis les antérieurs, et enfin les muscles respiratoires. La sensibilité persiste dans presque toute l'étendue du corps jusqu'à la dernière heure, et elle est quelquefois exagérée. Elle disparaît une demi-heure avant la mort dans le train postérieur.

Exceptionnellement on a pu observer une anesthésie complète. Les convulsions seraient très fréquentes, mais seulement dans les dernières heures de la vie. Gratiolet, au contraire, nie l'existence de ces phénomènes. La respiration et la circulation présentent quelquefois une diminution notable et rapide, et il survient une espèce d'état syncopal. Dans beaucoup d'expériences, on peut observer une première période pendant laquelle les mouvements respiratoires sont plus considérables ou normaux, puis ils diminuent de fréquence jusqu'à la mort. Quant aux battements du cœur, ils présentent assez souvent une période plus ou moins longue d'augmentation de leur fréquence ; mais, dans la majorité des cas, la force des battements du cœur est notablement diminuée pendant toute la durée de la survie. La faim disparaît, ou du moins les animaux refusent de prendre des aliments. La digestion semble complétement arrêtée. La sécrétion urinaire est normale en quantité et en qualité. En général, la température s'abaisse. Notamment en hiver, on peut constater la perte de 4 ou 5 degrés.

Quelle est la cause de la mort chez les animaux dépouillés d'une ou de leurs deux capsules surrénales ? — D'un côté, Brown-Séquard pense que c'est à l'*absence* des capsules surrénales qu'il faut surtout attribuer la mort, et nie par conséquent qu'elle soit due habituellement aux lésions inévitables ou accidentelles qui accompagnent l'extirpation. D'un autre côté, Gratiolet conclut de ses recherches que la mort n'est pas une conséquence de l'ablation de ces organes en tant que capsules surrénales. Lorsqu'il s'est borné à enlever la capsule gauche, les animaux ont survécu, et deux minutes et demie après l'opération, ils paraissaient bien portants, ils mangeaient cinq jours après, et bientôt la plaie se cicatrisait. Au contraire, après l'extirpation de la capsule droite, les cochons d'Inde mouraient le surlendemain avec des signes d'hépatite et de péritonite confirmés par l'autopsie. Si enfin l'opération était pratiquée des deux côtés, la mort avait lieu en quarante-huit heures, en s'accompagnant également de signes d'hépatite et de péritonite. D'où il suit, dans l'opinion de Gratiolet, que la mort, après l'ablation de la capsule droite, ne résulte point de la soustraction même de cet organe, mais qu'elle doit être rapportée aux désordres consécutifs à une opération rendue dangereuse par suite des rapports intimes qu'affecte cette capsule avec la racine du foie, avec la veine cave inférieure, qui lui est pour ainsi dire accolée, etc. : la mort, après l'extirpation pratiquée des deux côtés, ne deviendrait dès lors signi-

(1) *Mém.* et *Rec. cit.*, p. 397 et suiv.

ficative que dans le cas où l'on aurait préalablement obtenu la cicatrisation de la capsule droite.

Postérieurement à la publication des précédentes recherches, Brown-Séquard a entrepris des expériences dans ce sens, et il est venu annoncer qu'il avait obtenu la guérison et la survie de ses animaux après l'ablation de la capsule droite. Quant à Philipeaux, il pense que, dans le cas où la mort survient, elle est causée par l'opération qui est grave, et qui occasionne souvent, soit une inflammation du tissu cellulaire environnant les reins, soit une péritonite, soit une hépatite, soit (et cela arrive fréquemment) une hernie intestinale au travers des muscles divisés.

Après avoir tenté de nombreuses expériences pour déterminer la part de chacune des lésions qui peuvent accompagner l'extirpation des capsules surrénales, Brown-Séquard a été conduit à rejeter la manière de voir des précédents auteurs. La plaie pénétrante de l'abdomen qui accompagne nécessairement ce mode d'investigation, peut causer subitement la mort par suite d'une hémorrhagie considérable, ou d'une syncope due à la lésion de quelque branche nerveuse importante. Mais, s'il n'y a ni hémorrhagie grave, ni syncope soudaine, on pense que la mort survient la plupart du temps à la suite d'une péritonite. Or, dans nombre de cas, chez les animaux morts à la suite de l'extirpation des capsules, ce physiologiste dit qu'il n'a pas trouvé de traces de péritonite, et que, dans beaucoup d'autres, le péritoine était enflammé dans une si petite étendue, qu'il devenait impossible de rattacher la mort à cette cause. Ces faits ont été vérifiés plusieurs fois dans les séances de la Société de biologie. — Le même observateur a vu également des animaux atteints de péritonite avoir une survie beaucoup plus longue que celle qui a lieu habituellement après l'ablation des capsules surrénales. — De plus, l'expérience, ajoute-t-il, démontre que les plaies du péritoine, qu'elles produisent ou non la péritonite, ne sont pas nécessairement mortelles, tandis que la mort est à peu près constamment la règle à la suite de l'extirpation des capsules. Des examens nécroscopiques nombreux lui ont fait aussi rejeter la néphrite et l'hépatite comme cause de mort chez les animaux soumis à ce mode d'expérimentation. — Le même investigateur assure encore avoir constaté, dans quelques cas de phlébite des veines rénales et de la veine cave inférieure, une survie plus longue qu'après l'ablation des deux capsules, et être arrivé au même résultat à la suite d'expériences dans lesquelles il avait intéressé le péritoine des deux côtés et favorisé la hernie des reins et de l'intestin.

Enfin, il dit avoir observé quelquefois, à la suite de l'extirpation des capsules surrénales, une congestion très marquée de la glande thyroïde, de la rate et du thymus; ce qui porterait à faire croire à une certaine analogie de fonctions entre ces organes.

L'examen du sang des animaux privés de leurs capsules surrénales a permis de reconnaître que ce liquide renferme une matière pigmentaire spéciale et des cristaux particuliers; fait important à noter dans la recherche des usages de ces organes.

L'existence de cette matière pigmentaire spéciale a été constatée par Brown-Séquard chez tous les animaux auxquels il avait enlevé les capsules (*). Chez eux, il a vu en outre la production de cristaux dans le sang et la prompte disparition

(*) MARTIN-MAGRON, sur le chat qu'il a conservé presque deux mois après l'extirpation des capsules, a examiné le sang tous les jours; il n'a jamais pu y découvrir la moindre trace de pigment.

des globules, faits qui tendraient à prouver que les capsules surrénales jouent un rôle important comme organes modificateurs du sang.

Le sang des chiens, des chats, des lapins, des cochons d'Inde renferme normalement du pigment sous la forme de granules ou de plaques ; mais, après l'ablation des capsules, cette matière paraît augmenter notablement. On observe alors des plaques de pigment dans une gangue de matière amorphe, et quelquefois de véritables cellules pigmentaires.

Le sang de l'homme contient aussi du pigment. H. Meckel, Wirchow, Kölliker (1), avaient déjà fait cette observation, lorsque Planer (2) la confirma par l'examen du sang d'une centaine de sujets chez lesquels il constata en effet la présence de cette matière. — Il resterait à déterminer si, dans la *maladie bronzée*, le sang présente une augmentation notable de cette matière pigmentaire, étude qui jusqu'ici n'a pas été faite d'une manière suffisante.

Brown-Séquard assure avoir reconnu que la quantité de pigment était augmentée chez un nombre considérable de lapins affectés d'une maladie à laquelle il a donné le nom de *maladie pigmentaire*, et dont les symptômes sont en tout analogues à ceux qui résultent de l'extirpation des capsules surrénales. Chez ces animaux atteints de la maladie pigmentaire, il a trouvé, dit-il, presque sans exception, des lésions diverses et assez avancées des capsules.

Dans tous ces cas (absence des capsules, maladie d'Addison, maladie pigmentaire) l'accumulation dans le sang d'une matière pigmentaire, spéciale paraît provenir de ce que les capsules surrénales ne peuvent plus modifier une matière susceptible de se transformer en pigment. A l'appui de cette opinion, Vulpian (3) a signalé dans les capsules surrénales une matière spéciale qui se colore en rose-carmin par l'iode et prend une teinte glauque par les sels de fer. Or, ces réactions se rapprochent beaucoup de celles que Bruch (4) a obtenues en agissant sur les cendres du pigment choroïdien. La matière spéciale dont il s'agit ne serait-elle autre chose que la substance transformable en pigment et qui se dépose dans les capsules?

L'existence des plaques pigmentaires et des cristaux particuliers qui se forment dans le sang a été invoquée pour expliquer les troubles nerveux qui surviennent assez souvent dans ces cas; ces plaques de pigment étant supposées être quelquefois assez volumineuses pour interrompre la circulation des capillaires du cerveau.

« Il semble donc extrêmement probable, conclut Brown-Séquard, qu'une des fonctions des capsules surrénales consiste en une modification spéciale d'une substance douée de la propriété de se transformer aisément en pigment. » Cette conclusion découlerait des faits suivants que cet expérimentateur considère comme acquis à la science : 1° Quand les capsules, chez l'homme, sont tellement altérées qu'elles ne peuvent plus fonctionner, ou que leur fonction est diminuée à un degré considérable, il se dépose du pigment dans la peau, et souvent aussi dans le péritoine et ailleurs. 2° Dans tous les cas d'inflammation des capsules surrénales sur les lapins (maladie pigmentaire), il y a plus de pigment dans le sang. 3° Le sang des animaux (chiens, chats, lapins) privés de leurs capsules surrénales contient également une quantité plus considérable de pigment.

(1) *Mikrosk. Anat.*, Bd. II, Heft 2. Leipzig, 1852, p. 270.
(2) *Wiener Zeitschrift*, février 1854.
(3) *Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, t. XLIII, p. 663.
(4) *Untersuchungen zur Kenntniss des körnigen Pigments der Wirbelthiere*. Zurich, 1844.

Aujourd'hui, ces conclusions pourront paraître encore trop absolues. Rappelons-nous que Martin-Magron, examinant chaque jour, avec le plus grand soin, le sang d'un chat qui survécut environ deux mois à l'extirpation des capsules surrénales, ne put jamais y constater la présence de pigment. Quant à la maladie d'Addison (maladie bronzée), on l'a rencontrée chez des individus dont les capsules étaient saines. Ajoutons que des altérations profondes de ces organes, et même leur absence congénitale, sont loin d'avoir été toujours accompagnées des symptômes propres à cette affection.

DU THYMUS ET DE SES FONCTIONS.

I. — Le *thymus*, qui appartient aussi à la classe des *glandes vasculaires sanguines*, est situé, chez l'homme et les animaux vertébrés supérieurs, dans le médiastin antérieur, derrière le sternum, au devant de la trachée-artère et des vaisseaux du cou.

Des organes analogues au thymus existent, chez les *Reptiles*, dans le voisinage du cœur et des gros troncs vasculaires : ce sont tantôt deux petits corps placés près des arcs aortiques, comme chez les anoures ; et tantôt une glande lobulée, arrondie, comme chez les ophidiens, les chéloniens et les crocodiles. — Les *Poissons* n'offrent rien qui ressemble au thymus, et l'on rencontre très rarement l'analogue de cet organe chez les *Oiseaux*. Siebold et Staunius (1) ont néanmoins trouvé le thymus, chez le cormoran et le pingouin, sous la forme de deux corpuscules très riches en vaisseaux et situés à côté de chaque bronche. Rich. Owen en a constaté l'existence chez le fou-blanc.

Le thymus existe chez tous les *Mammifères* (excepté les marsupiaux) avec une disposition et une structure à peu près identiques. Il est composé de deux lobes distincts, très rarement de trois, et chaque lobe est lui-même formé par la réunion de nombreux lobules ayant de 5 à 10 millimètres de diamètre. La laxité du tissu cellulaire qui réunit ces lobules entre eux permet de les séparer les uns des autres, et l'on constate alors que tous tiennent par un pédicule à un axe central qui parcourt l'organe sous forme de *tire-bouchon*. — Cette spirale s'étend de la partie supérieure à la partie inférieure de la glande, et, suivant la comparaison établie par Astley Cooper (2), ressemble à un chapelet dont les grains sont représentés par les lobules et le fil par la tige centrale.

Chaque lobule, creusé d'une cavité qui s'ouvre par un orifice distinct dans cette tige centrale également creuse, est constitué lui-même par des granulations visibles à la surface du thymus et donnant à cet organe l'aspect d'un poumon qui n'a pas encore respiré.

Quelques auteurs, et notamment Astley Cooper, ont admis que le thymus présente une cavité ou réservoir dans lequel s'accumulerait le produit de sécrétion. Huschke (3) assure que cette cavité existe seulement chez les enfants bien nourris, qu'elle y est parfois assez considérable, et qu'enfin elle renferme un liquide lactescent et épais. Suivant J. Simon (4), cette cavité résulterait du mode de prépara-

(1) *Anat. comp.*, trad. franç., t. II, p. 365. Paris, 1840.
(2) *Anatomy of the Thymus Gland*, etc. London, 1832.
(3) *Splanchnologie*, trad. franç. de Jourdan, p. 282.
(4) *Physiological Essay on the Thymus Gland*. London, 1845.

tion employé (injection ou insufflation), et Kölliker (1) n'est pas éloigné de partager cette opinion, tout en admettant qu'il est néanmoins des thymus qui, normalement, sont munis d'une cavité centrale.

L'élément fondamental du thymus est une vésicule close, dont le diamètre paraît varier de 0mm,009 à 0mm,02. Chaque vésicule présente une paroi propre, peu résistante, et parcourue par une grande quantité de vaisseaux ; dans son intérieur existe un liquide grisâtre, laiteux, albumineux et réagissant comme les acides. Ce liquide tient en suspension des noyaux et des cellules dont quelques-unes sont pavimenteuses. Il renferme souvent aussi des corps dits *concentriques* qui, suivant A. Friedleben (2), sont des follicules en voie de destruction morphologique. Ces corps, formés de cellules infiltrées de granulations et réunies par plusieurs couches concentriques, se rencontrent non-seulement dans le liquide, mais dans l'épaisseur de la paroi vésiculaire.

Les artères du thymus proviennent des médiastines et des thyroïdiennes inférieures; ses veines se rendent dans les veines qui correspondent à ces divisions artérielles. — Quant aux vaisseaux lymphatiques, ils paraissent y exister en assez grand nombre. A. Cooper, qui les a injectés, leur attribue un rôle des plus importants: à ses yeux, il en est deux principaux qui, venus des parties supérieures du thymus, s'aboucheraient par un ou plusieurs orifices dans les veines jugulaires, tout près de la jonction de ces dernières avec la veine cave supérieure. « Ce sont là, dit A. Cooper, les *vaisseaux absorbants* du thymus, destinés à transporter dans les veines le fluide sécrété par cette glande. » — Les nerfs, d'ailleurs très peu nombreux, proviennent du grand sympathique et accompagnent les artères.

Les recherches modernes les plus minutieuses n'ont pu faire découvrir, dans le thymus, aucune trace de conduits excréteurs.

Le *développement* du thymus est un des points les plus intéressants de son histoire. C'est un organe propre à la vie fœtale et à la première enfance ; à partir de cette époque, il s'atrophie progressivement et finit par disparaître complétement dans la grande majorité des cas. F. Arnold (3) dit que le thymus est une dépendance de la muqueuse respiratoire, et qu'il apparaît d'abord à l'endroit où se forme le larynx, et qu'en croissant il descend ensuite sur la trachée-artère. Bischoff (4) a eu occasion d'étudier le thymus sur un embryon de vache, qui, étant étendu, avait un pouce de long : « Il formait, dit cet observateur, deux minces languettes, accolées l'une à l'autre, situées, sur le milieu de la trachée-artère, descendant depuis le larynx jusqu'auprès de la poitrine, et résultant d'un blastème dans lequel ses éléments venaient d'apparaître, et qui me sembla faire corps vers le haut, avec celui de la thyroïde. » Mais Bischoff ne put découvrir aucune connexion avec le larynx ou la trachée-artère, ni par conséquent confirmer l'assertion d'Arnold. — Le thymus apparaît vers la huitième semaine, puis il augmente jusqu'à la naissance, et même jusqu'à la puberté au dire de Friedleben (5). Après l'âge adulte, on ne rencontre plus, à sa place, qu'une masse de tissu conjonctif pleine de graisse.

(1) *Histologie humaine*, trad. franç., p. 527. Paris, 1856.

(2) *Die Physiol. der Thymusdrüse in Gesundheit und Krankheit*, etc. Francfort-sur-le-Mein, 1858, in-8.

(3) *Salzb. med. Zeitung*, 1831, t. II, p. 273.

(4) *Traité général du développement*, p. 293.

(5) *Loc. cit.*

II. — Le *rôle* du thymus est encore bien problématique ; pour s'en convaincre, il suffirait de jeter un coup d'œil sur les opinions si contradictoires, parfois si bizarres, qui ont été émises à ce sujet, et dont la plupart sont rapportées dans le remarquable travail de Ch. Haugstedt (1).

Astley Cooper (2) attribue au fluide thymique une composition qui se rapproche beaucoup de celle du sang. — Suivant Friedleben (3), le thymus renferme, comme éléments chimiques, de l'eau, de l'albumine, de la glutine, du sucre, de l'acide lactique, de la matière pigmentaire, de la graisse et différents sels. L'albumine, le sucre et les sels prédomineraient dans la première enfance ; plus tard, ce seraient la glutine, l'acide lactique et la graisse. Chez les jeunes sujets, les sels seraient riches en phosphates terreux ; chez les gens âgés, ils seraient riches en sels alcalins. D'après le même observateur, l'abstinence et les maladies, qui débilitent le sujet, déterminent une diminution dans le volume de la glande, dans le produit sécrété et en modifient la composition chimique ; si la cause morbide persiste, elle amène une atrophie permanente de l'organe. Les animaux privés de thymus, ajoute Friedleben, mangent plus que les autres, d'où résulte un accroissement de volume plus considérable que celui des animaux sains ; toutefois, relativement à la masse des aliments ingérés, il est inférieur. Après l'ablation du thymus, le sang se formerait plus rapidement, contiendrait une glus grande quantité d'eau, d'albumine, de globules blancs, et moins de globules rouges. — Finalement, Friedleben conclut de ses expériences, que « le thymus sert, *pendant l'accroissement du corps*, à la nutrition, à la préparation du sang, et par cela même à la formation des tissus. »

Se fondant sur la structure même du thymus et sur la composition chimique du liquide qu'il sécrète, A. Cooper pense que cet organe a pour usage de séparer du sang de la mère un fluide qui entre dans les veines et sert à la nutrition, comme fait le chyle après la naissance. — Huschke, après avoir rappelé l'antagonisme qui existe entre le développement des poumons et celui du thymus, fait remarquer le volume considérable que ce dernier organe acquiert chez les animaux hibernants, et il le croit intimement lié à la respiration. — C'est en s'appuyant sur des considérations analogues, que d'autres auteurs ont attribué au thymus le rôle que remplira plus tard le poumon lui-même par rapport à l'hématose.

La même objection peut être faite à plusieurs de ces hypothèses, c'est que le thymus n'est pas exclusivement destiné à la vie fœtale, et qu'il continue (à la vérité moins que les autres organes) à croître jusqu'à la puberté.

Une singulière opinion a été proposée par Youatt (4). Le thymus de l'embryon, dit-il, fait corps avec la glande thyroïde et les parotides, en sorte que ces trois organes n'en forment qu'un seul. Les parotides ne sécrètent pas encore de salive, mais, de même que le thymus, elles produisent un liquide d'apparence laiteuse, analogue à celui que l'on trouve souvent dans l'estomac du fœtus. Le thymus, selon Youatt, sert donc à la nutrition ; il sécrète un produit qui est transporté dans la bouche par le canal parotidien, descend dans l'estomac et les intestins, et

(1) *Thymi in homine ac per seriem animalium descriptio anatomica, pathologica et physiologica.* Hafniæ, 1832.
(2) *Mém. cit.*
(3) *Mém. cit.*
(4) *Arch. génér. de méd.*, 2e série, 1833, t. I, p. 570.

prépare ces organes à l'exercice des fonctions qu'ils vont remplir après la naissance.

Picci (1) n'accorde au thymus qu'un rôle purement mécanique. Les poumons, très peu développés pendant la vie fœtale, doivent prendre tout à coup, après la naissance, un développement considérable ; il faut que la cavité thoracique soit assez large pour les contenir, sans quoi il surviendrait une compression funeste. Les poumons du fœtus ne sauraient donc remplir toute cette cavité, aussi le thymus est-il disposé de façon à combler le vide. — Cette opinion ne peut guère être soutenue, puisque le thymus, comme nous l'avons déjà dit, continue à croître après la naissance.

En définitive, il est impossible, jusqu'à présent, d'assigner au thymus une fonction bien déterminée. L'hypothèse qui a pu paraître la plus plausible, c'est que les vésicules closes de cet organe font subir au sang qui traverse leurs parois une élaboration particulière portant probablement sur les globules incolores et sur la constitution chimique de ce fluide. Le thymus interviendrait ainsi dans les fonctions générales de l'économie, et serait supposé servir à l'accroissement des organes dans la première et la deuxième enfance.

DU CORPS THYROÏDE ET DE SES FONCTIONS.

Le *corps thyroïde* fait également partie des glandes dites *vasculaires sanguines* qui toutes possèdent des cellules propres dont le produit est versé directement dans le torrent circulatoire.

Placé au cou, au-devant des premiers anneaux de la trachée-artère et sur les côtés du larynx, il présente, dans l'espèce humaine, des différences individuelles de volume assez considérables. En général plus volumineux chez la femme que chez l'homme, il est constitué le plus souvent par deux lobes latéraux réunis, sur la ligne médiane, à l'aide d'une portion rétrécie ou *isthme*.

Tous les *Mammifères* sont pourvus d'un corps thyroïde. Chez beaucoup d'entre eux, il se compose de deux portions entièrement séparées et placées sur les côtés du larynx et de la trachée (monotrèmes, la plupart des marsupiaux, divers rongeurs, etc.). Une bande étroite réunit ces deux portions dans certains rongeurs, différents carnassiers et la plupart des singes. Chez les cétacés et quelques singes, elles sont tout à fait confondues. Le corps thyroïde de l'éléphant présente une disposition lobulée très marquée.

Les *Oiseaux* possèdent de petits corps arrondis ou allongés, très vasculaires, situés près de la trachée ou au-dessous du larynx inférieur, desquels on a fait les analogues de l'organe thyroïde. Ces petits corps, dont l'existence paraît constante, sont attachés assez intimement aux carotides et quelquefois aussi aux artères vertébrales.

Non loin du cœur et des gros vaisseaux, chez les *Reptiles*, on observe des organes glanduleux, très riches en vaisseaux sanguins et privés de conduits excréteurs, que l'on a considérés comme représentant à la fois le thymus et le corps thyroïde.

Le corps thyroïde offre, notamment dans l'espèce humaine, une coloration rougeâtre ou d'un jaune pâle, différente de celle des glandes qui lui sont analogues, comme le thymus ou les capsules surrénales.

(1) *Arch. génér. de méd.*, 4e série, 1844, t. V, p. 97.

Un tissu fibreux ou *stroma*, composé de faisceaux de tissu conjonctif entre-croisés et de quelques fibres élastiques fines, des vésicules glandulaires parfaitement closes, des vaisseaux et des nerfs, tels sont les éléments qui entrent dans la texture du corps thyroïde.

Berres (1) paraît être le premier qui ait signalé l'existence de vésicules closes. Elles se présentent chez l'homme, dit Kölliker (2), avec des dispositions si diverses, que l'état normal est bien difficile à apprécier. Cependant, d'après des observations multipliées sur l'homme et divers animaux, cet auteur les considère comme formées d'une membrane propre, d'un épithélium et d'un contenu fluide. La membrane propre est homogène, fine, demi-transparente; à sa surface interne, sont disposées des cellules épithéliales polygonales, à noyau simple, renfermant un contenu transparent, visqueux, légèrement jaunâtre, et dans lequel la présence d'une notable quantité d'albumine est décelée par l'alcool, l'acide nitrique et la chaleur. — Ces vésicules glandulaires ont de $0^{mm},04$ à $0^{mm},1$ de diamètre. Grâce au stroma fibreux qui les entoure, elles se réunissent en lobules de $0^{m},5$ à 1 millimètre de diamètre, lesquels, par leur réunion, constituent eux-mêmes des lobules plus volumineux.

Suivant Henle (3), le corps thyroïde hypertrophié renferme de grandes cellules isolées, et remplies d'un liquide clair, chargé d'albumine. Cet observateur se demande si ces cavités n'ont fait que s'agrandir, ou bien si elles sont de formation nouvelle, et il regarde la première opinion comme probable, puisque, en comprimant le corps thyroïde sain, on peut en exprimer un liquide clair et analogue au précédent.

Colin (4) a noté une transformation assez remarquable dans les vésicules thyroïdiennes du bœuf : celles-ci sont généralement petites ; mais, sur un bœuf parfaitement sain, elles étaient devenues très volumineuses (plusieurs comme une noisette) et contenaient un liquide jaunâtre, translucide, laissant précipiter quelques flocons albumineux sous l'influence de la chaleur, prenant une teinte violette par le réactif cupro-potassique, et réduisant une certaine quantité d'oxyde de cuivre. Cette dernière réaction, comme on le sait, dénote généralement la présence de la glycose.

Frommherz et Gugert (5), ayant fait l'analyse d'un corps thyroïde à l'état sain, y ont trouvé de la graisse, des matières extractives, de la fibrine, une matière caséeuse, beaucoup d'albumine, divers sels, et du mucus avec de nombreux globules en suspension. On y a signalé, depuis, la présence de l'acide lactique, de la leucine et de l'hypoxanthine.

Les vaisseaux du corps thyroïde sont extrêmement nombreux, surtout les veines : on peut s'en assurer en voyant le volume énorme qu'acquiert cet organe à la suite d'une injection veineuse bien réussie. — Quant aux nerfs, ils proviennent à la fois de l'hypoglosse et des nerfs laryngés supérieur et inférieur.

Suivant Bischoff (6), il existe un blastème commun au corps thyroïde et au thymus. Le premier de ces organes, d'après les observations de F. Arnold,

(1) *Oesterreichische Jahrbücher*, t. XXXI, p. 413.
(2) *Histologie humaine*, trad. franç., p. 523. Paris, 1856.
(3) HENLE, *Anat. génér.*, trad. de Jourdan, t. II, p. 579.
(4) COLIN, *Physiol. comparée, etc.*, t. II, p. 478.
(5) SCHWEIGGER'S *Journal*, t. IV, p. 190.
(6) *Traité général du développement*, trad. franç. de Jourdan, p. 293.

apparaît entre la septième et la huitième semaine; Bischoff a pu observer des vésicules bien formées sur un fœtus de six mois.

Le corps thyroïde, avons-nous dit, est formé par des vésicules parfaitement closes; les prétendus conduits excréteurs débouchant dans la trachée, à la base de la langue ou dans l'œsophage, signalés et représentés par Water, Santorini, Bordeu, etc., n'existent point. C'est donc là une de ces glandes sanguines dans lesquelles les veines jouent le rôle de canaux excréteurs.

L'analyse comparative du sang veineux et du sang artériel de cette glande, celle du sang de la veine jugulaire, ont été faite par Berthelot (1). Elles ont donné les résultats suivants :

	Artère carotide.	Veine thyroïdienne.	Veine jugulaire.
Eau............	83,36	82,61	79,58
Albumine........	9,72	8,25	9,24
Globules	6,87	8,81	10,92
Fibrine..........	0,05	0,33	0,26

Ces analyses tendraient à faire croire que le corps thyroïde peut aussi contribuer à changer la constitution chimique et microscopique du sang, puisqu'en sortant, ce fluide perd un peu d'eau et d'albumine, et gagne par compensation des globules et de la fibrine. Mais il est encore bien difficile de préciser la signification de ces légères différences.

L'innocuité de l'extirpation du corps thyroïde semble autoriser à refuser à cet organe un rôle d'une grande importance. Du reste, la science ne possède aujourd'hui aucune donnée satisfaisante sur les usages à attribuer à ce corps glanduliforme.

On a signalé une certaine relation entre le corps thyroïde et les organes génitaux : J. F. Meckel le considère « comme la répétition de la matrice au cou», en tenant compte du gonflement que ce corps présente parfois à l'époque des menstrues et pendant la grossesse. Liégeois (2) cite un fait qui lui a été communiqué par Chapotin de Saint-Laurent, et dans lequel l'influence de la menstruation sur le développement du corps thyroïde paraît bien évidente : « Chez une Italienne, âgée de trente-six ans, ayant eu cinq enfants, la thyroïde, notablement hypertrophiée, grossissait deux jours avant l'époque des règles d'une façon manifeste : on constatait le fait en mesurant le cou avec toutes les précautions possibles. Les mamelles augmentaient de volume en même temps que la thyroïde. »

Le corps thyroïde se gonfle sensiblement toutes les fois que survient une gêne respiratoire considérable, comme dans l'asphyxie, ou qu'une expiration forcée, comme dans l'effort, tend à chasser une certaine quantité de sang hors de la poitrine.

Magnus et Lalouette, examinant le corps thyroïde chez des chiens mis à mort après une course rapide, l'ont toujours vu gorgé de sang; si, avant de sacrifier les animaux, on avait laissé la circulation et la respiration revenir à leur état normal, cette turgescence disparaissait.

Nous croyons devoir, en terminant, mentionner les rapports que Maignien (3) a

(1) Colin, *ouvr. cit.* Paris, 1856, t. II, p. 479.

(2) *Thèse pour l'agrégation : Anatomie et physiol. des glandes vasculaires sanguines*, p. 45. Paris, 1860.

(3) *Extrait d'un mémoire présenté à l'Académie des sciences de Paris, sur les usages du corps thyroïde* (*Examinateur médical*, 1842, et *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XIV, p. 75, 111; XVI, p. 1200).

indiqués entre le corps thyroïde et le développement ainsi que les fonctions de l'encéphale. Suivant cet auteur, les lobes thyroïdiens, bridés par des aponévroses résistantes, recouverts par l'appareil des muscles sous-hyoïdiens, seraient destinés à comprimer les carotides contre la colonne vertébrale, et à diminuer ainsi l'afflux du sang vers les parties antérieures de l'encéphale. De leur volume proportionnellement très considérable dans la vie intra-utérine, il résulte, à cette époque, une prédominance dans la circulation des artères vertébrales, et aussi un accroissement plus rapide et plus complet du cervelet, du bulbe et de la protubérance. Chez les mammifères, les lobes thyroïdiens restent distincts et sont en rapport plus immédiat avec les carotides; aussi les hémisphères cérébraux sont-ils relativement moins développés que le reste de l'encéphale. Chez l'homme, au contraire, par suite de la présence de l'*isthme*, ils se portent davantage en avant et ne compriment les carotides que dans certaines circonstances : c'est lorsqu'il doit y avoir prédominance d'action des parties postérieures de l'encéphale, par exemple dans les efforts musculaires, le saut, la course, etc. Enfin, et comme complément, Maignien rappelle que, chez les crétins, dont le corps thyroïde est hypertrophié ou dégénéré, ces mêmes parties encéphaliques postérieures sont relativement plus considérables que les antérieures, précisément parce que la circulation des vertébrales est plus active et plus libre que la circulation des carotides.

Ces idées, qui n'ont encore été émises, pour ainsi dire, que sous la forme d'une esquisse, et qui ont assurément bien besoin de contrôle, trouveraient quelque confirmation dans les expériences d'Astley Cooper (1).

(1) A. COOPER, *Recherches expérimentales sur la ligature des artères carotides et vertébrales, des nerfs pneumogastrique, phrénique et grand sympathique* (*Gazette médicale de Paris*, 1838, p. 100).

DE LA NUTRITION.

Nous connaissons déjà l'enchaînement mutuel de ces fonctions importantes qui, commençant à la *digestion* et à l'*absorption*, aboutissent à la *nutrition* dont le but est de fixer, pour un temps variable, dans les tissus vivants, certains principes des matériaux venus du dehors. Déjà aussi nous savons que toutes les parties de l'animal proviennent du sang, que ce fluide lui-même les développe ou les entretient avec le concours des aliments, que l'alimentation est donc une condition essentielle à la vie, et qu'une autre condition non moins indispensable est l'absorption incessante de l'oxygène atmosphérique, c'est-à-dire la *respiration*. Enfin nous avons vu le sang, que la *circulation* distribue à tous les organes, s'altérer en recevant les produits ultimes des métamorphoses dues au travail nutritif, puis s'épurer à l'aide des *sécrétions*, en même temps qu'il se renouvelle incessamment au moyen de la lymphe et du chyle. — Toutes ces notions nous étaient nécessaires avant d'aborder l'étude de la *nutrition proprement dite*.

Un simple résumé de ce que nous avons déjà appris sur les fonctions précédentes ne saurait suffire pour éclairer ou résoudre les nombreuses et difficiles questions qui se rattachent à cette étude. Il s'agit en réalité d'un nouveau problème physiologique qui consiste non-seulement à déterminer la série des transformations successives que doivent subir les principes réparateurs pour passer à l'état de *matière nutritive* ou assimilable, mais encore à rechercher comment chaque partie organique peut prendre ou plutôt *choisir*, dans ces éléments ainsi préparés, ce qui convient à sa nature et à sa destination particulière, pour le fixer en lui communiquant des propriétés qui lui manquaient et dont elle-même est douée, en un mot, se l'*assimiler*. Ce dernier acte est, en grande partie, le secret de la vie, et l'on est convenu d'appeler *vitale* la force inconnue qui l'opère.

Pour se guider dans une étude aussi obscure que celle qui a trait à la production même et à la régénération continue de la matière vivante, il importera surtout d'avoir recours aux nouvelles lumières de la chimie organique. Trop heureux quand parfois cette science pourra nous donner ou nous faire pressentir l'explication de métamorphoses, de décompositions et de recompositions si diverses!

La nutrition commence avec le corps vivant lui-même, en assure le développement et la durée, et ne cesse qu'avec la vie. Le germe, dans l'animal ou dans la plante, ne se développe et ne se transforme en un être nouveau que par la nutrition. C'est elle qui, après l'acte mystérieux de la fécondation, se centralise dans ce germe devenu un foyer de vie indépendante et répartit peu à peu les matériaux des organes dont l'évolution successive devra constituer le nouvel être. C'est elle aussi qui en assure le développement complet et entretient l'être vivant pendant

la période plus ou moins longue de l'âge adulte ; c'est elle enfin qui, luttant contre les altérations organiques dues à la vieillesse, prolonge autant que possible la vie de l'individu. — Ainsi la nutrition se manifeste à toutes les périodes de l'existence des êtres vivants, tantôt en présidant au développement ou à l'accroissement de leurs organes, et tantôt en se bornant à entretenir ces derniers en pleine activité vitale.

Ces deux effets de la nutrition révèlent, d'une part, le pouvoir de produire la matière organisée elle-même, et, d'autre part, la faculté de la maintenir dans toutes les conditions physiques, chimiques et physiologiques qui sont indispensables à l'accomplissement de ses diverses fonctions. — Dans les considérations qui vont suivre, il sera donc nécessaire de se placer à ce double point de vue.

Pour se développer et s'accroître, tout être doué de la vie emprunte au dehors des substances qui lui sont offertes sous diverses formes ; puis, à l'aide d'une élaboration successive et plus ou moins complexe, ces substances se métamorphosent en matière vivante qui, prenant place dans le corps en voie de développement, en devient partie intégrante : *une augmentation de volume et de poids* démontre, en effet, cette addition de matière nouvelle. — L'étude préalable des fonctions qui concourent à la nutrition, et notamment de l'absorption, nous a fait connaître les conditions et le mécanisme probable de l'introduction de ces matériaux venus du dehors, pour les animaux comme pour les plantes. Placé dans des circonstances où la matière alimentaire s'offre à lui sous une forme (liquide ou gazeuse) qui en permet l'absorption immédiate, le végétal puise directement dans le sol, dans l'atmosphère ou bien dans l'eau où il vit, les éléments de ses tissus. Il n'en est pas de même de la généralité des animaux, dont les aliments, presque toujours pris à l'état solide ou de suspension, nécessitent une opération préparatoire à leur absorption : de là, pour l'immense majorité des animaux, la présence obligée d'une cavité intérieure dans laquelle la matière alimentaire puisse séjourner, s'élaborer et se *dissoudre* ; de là aussi l'existence d'une fonction qui leur est particulière, la *Digestion*. Ce n'est donc qu'après ce premier travail de transformation que les principes de réparation sont propres à être *absorbés* et versés dans le torrent circulatoire. La respiration n'est aussi qu'une fonction d'absorption s'exerçant dans des conditions particulières, et destinée chez les animaux à introduire l'*oxygène*, agent nécessaire de toutes les réactions physico-chimiques de l'économie. En rappelant ici la *Respiration*, nous complétons l'énumération des fonctions préparatoires qui, concourant à la nutrition, fournissent accès aux matériaux réparateurs des organismes vivants. — Ces fonctions, leur mécanisme et leur but ont été précédemment étudiés en détail ; aussi n'avons-nous qu'à renvoyer à ces études antérieures, sans que, sous ce rapport, il soit besoin d'ajouter ici d'autres développements avant de tracer l'histoire de la nutrition. Il n'en est pas de même à l'égard de la transformation des matériaux nutritifs en parties intégrantes de l'organisme que ces matériaux sont appelés à accroître : c'est là un ordre de faits nouveau pour nous et que l'étude des précédentes fonctions ne nous avait pas mis en demeure d'aborder. Nous aurons donc à nous occuper de l'espèce de fusion qui peu à peu s'opère entre les éléments nutritifs et le sang ou la séve, c'est-à-dire des modifications que ces éléments subissent pour constituer le *fluide nourricier* des animaux ou celui des plantes ; mais, comme nous l'avons dit, il faudra aussi chercher à nous rendre compte des modifications encore plus profondes qu'éprouvent ces mêmes

éléments pour passer de ce fluide dans la substance des tissus organiques et s'identifier avec elle. En s'efforçant de connaître et de comprendre ces transmutations successives, évidemment on s'attaque à un problème aussi intéressant qu'il est difficile à résoudre, c'est-à-dire au mode de production de la matière vivante dans un être organisé : le mot *assimilation*, souvent employé pour désigner cette dernière série de phénomènes, rappelle assez heureusement le trait essentiel et le résultat si merveilleux de la fonction qui nous occupe.

Si maintenant nous considérons les corps vivants à cette époque de leur existence qu'on nomme l'*âge adulte*, où jouissant de la plénitude de leurs facultés, variant à peine de poids et de volume, ils se maintiennent dans un état à peu près toujours le même, il faudra admettre, parmi les actes essentiellement propres à la nutrition, d'autres actes que ceux de l'*assimilation*, telle du moins que le développement et l'accroissement des parties organiques nous l'avaient fait concevoir. Durant cette période où l'être vivant demeure stationnaire, il ne cesse pas néanmoins d'emprunter aux milieux ambiants des matérieux nutritifs : la plante adulte absorbe encore, par ses racines et par ses feuilles, les sucs de la terre végétale et les éléments aériformes contenus dans l'atmosphère ; l'animal adulte est loin aussi de s'abstenir de nourriture, et la recherche de ses aliments est toujours la préoccupation principale de sa vie. En un mot, et c'est là une idée qu'il importe de bien mettre en lumière, puisque le corps vivant adulte continue à puiser régulièrement de nouveaux matériaux dans le monde extérieur, son état stationnaire à cette époque de son existence nous oblige évidemment d'admettre que ces acquisitions continuelles sont compensées par des pertes équivalentes. En effet, en étudiant les phénomènes chimiques de la respiration, nous avons eu occasion de mentionner des expériences dans lesquelles d'ingénieux observateurs, dressant ce qu'on a nommé la *statique chimique* de certains animaux et même de quelques individus de l'espèce humaine, ont établi, par des chiffres, les conditions de cet équilibre des gains et des pertes du corps vivant, dont le poids ne varie pas pendant la durée de l'expérience.

Ainsi, à une certaine période de son existence, le corps vivant, s'il est nourri avec une assez grande régularité, peut conserver le même poids moyen, et rendre, dans les divers produits résultant de l'action vitale, une quantité de matière précisément égale à celle qu'il reçoit par les aliments; de telle sorte que, dans cette conjoncture, il n'y a plus *assimilation*, si l'on ne veut entendre par là que l'addition des principes introduits par la nourriture aux principes déjà existant dans le système. — On est de la sorte amené à conclure que l'assimilation, ou la production de matière vivante nouvelle dans un corps organisé, n'est pas le seul phénomène qui caractérise la nutrition proprement dite : les éléments nourriciers ont sans doute encore un autre rôle à remplir, et ce rôle n'est pas moins nécessaire que l'autre, bien qu'il soit plus difficile d'en préciser la nature. En effet, puisque des matériaux nouveaux et étrangers sont introduits d'une manière incessante dans l'organisme, et que sans cesse aussi une égale quantité de matière est éliminée du corps, on peut se demander, avant tout, si ces matériaux ne font que passer, pour ainsi dire, à travers les tissus en y donnant lieu à des phénomènes variés de transformation chimique, de production de chaleur, d'électricité animale ou d'excitation physiologique sur les éléments constitutifs des organes; ou bien si les nouvelles quantités de matière dont il s'agit viennent prendre dans les

tissus mêmes la place de quantités équivalentes de matière organisée qui, au fur et à mesure qu'elles s'usent par le mouvement de la vie, sont livrées aux organes d'élimination.

Dans la première hypothèse, l'être vivant adulte s'entretiendrait au moyen des aliments, à peu près comme une lampe éclaire et fonctionne au moyen de l'huile qu'elle contient ; c'est-à-dire que ce nouveau rôle de la matière nutritive serait distinct de l'assimilation proprement dite : introduite dans l'organisme, cette matière y serait employée ou consommée d'une certaine façon, sans s'incorporer, et en donnant lieu seulement à certains phénomènes physico-chimiques indispensables au fonctionnement de cet organisme. Dans la seconde hypothèse, il y aurait préalablement assimilation, en ce sens que la matière élémentaire des aliments se fixerait dans l'économie, en s'y modifiant, pour se substituer à celle que les forces vitales expulsent journellement. Si cette dernière opinion était exclusivement adoptée, l'assimilation serait le procédé général de la nutrition, et il n'y aurait à examiner dans cette grande fonction que des variétés de ce procédé physiologique. — Mais, depuis que Lavoisier, par un rapprochement fécond, a représenté l'organisme vivant comme un foyer où une combustion lente consomme de la matière organique et rend en échange de la chaleur, tout en provoquant bien d'autres phénomènes intimes de transformation chimique et de production de force, on a cessé de ramener tous les actes nutritifs à l'assimilation comprise comme on l'avait fait jusque-là, et le phénomène si simple de la combustion ou oxydation a paru devoir jouer aussi son rôle dans la nutrition. On est donc ainsi ramené à la première des précédentes hypothèses : sans s'y attacher d'une manière exclusive, on ne saurait évidemment se refuser à l'admettre surtout pour une partie des phénomènes nutritifs de l'âge adulte.

En résumé, la nutrition, considérée notamment chez les animaux à sang chaud, paraît employer les matériaux dont elle dispose à deux fins principales : l'*assimilation* et la *combustion nutritive*. L'être vivant *assimile*, c'est-à-dire produit de la matière vivante nouvelle, pour accroître ses organes et pour réparer, à quelque époque que ce soit de sa vie, les déperditions ou les altérations qu'ils subissent. A tout âge aussi, il consomme, sans les assimiler, un certain nombre de matériaux dont la *combustion* ou l'oxydation sert de point de départ à une série de phénomènes physico-chimiques indispensables à l'accomplissement de toutes les fonctions : la production de chaleur, par exemple, que l'on est aujourd'hui parvenu à reconnaître dans un grand nombre d'animaux de diverses classes et même dans beaucoup de végétaux, se rattache intimement à la combustion nutritive.

Quoique cet ouvrage ait trait spécialement à la physiologie animale, nous avons eu déjà plusieurs fois occasion de constater quel avantage on peut trouver à examiner d'abord chez tous les êtres vivants, et d'une façon comparative, les fonctions qu'ils possèdent en commun. Aussi croyons-nous devoir commencer l'histoire détaillée de la nutrition en rappelant certaines données relatives à cette importante fonction considérée parallèlement dans les animaux et dans les plantes. Dans ce cas, plus que dans tout autre, il y a évidemment nécessité de procéder ainsi pour apercevoir le curieux enchaînement des faits.

Lorsque la graine, qui vient de se détacher, se prépare à germer au sein de la terre, déjà, on le sait, elle renferme une jeune plante, comme l'œuf près d'éclore contient sous son enveloppe un jeune animal. L'embryon végétal, jusque-là adhé-

rent par le funicule à la plante mère aux dépens de laquelle il se nourrissait, commence une vie indépendante. Les phénomènes chimico-physiologiques de la germination font subir aux matériaux primitifs qui entourent cet embryon certaines transformations, desquelles résulte une première quantité de séve destinée à la tigelle et à la radicule. Cette dernière partie s'allonge et ne tarde pas à se faire jour, pendant que la tigelle, qui a aussi éprouvé l'influence du liquide nourricier, se développe pour se montrer à son tour hors des enveloppes de la graine. C'est ordinairement la radicule qui se montre la première : son extrémité, formée de tissus tout jeunes, et partant très perméables, absorbe, dès qu'elle est en contact avec le sol, les sucs nutritifs qu'elle y trouve. Bientôt la tigelle elle-même, en se développant, étale dans l'atmosphère les premières feuilles de la plante : ces premières parties, que la lumière colore en vert, sont appelées à accomplir les phénomènes de la respiration en même temps qu'elles se prêtent à certains actes d'absorption ou d'exhalation dans lesquels l'eau joue un rôle considérable, et qui semblent régulariser le mouvement nutritif dans la plante. L'absorption active dont la radicule a été tout d'abord le siége, a enrichi la séve et accru notablement sa quantité : ce liquide, cheminant par les parties centrales de la tige, des extrémités radiculaires vers les feuilles et les bourgeons, va chercher dans le contact de l'air une dernière influence vivifiante après laquelle, devenu *séve descendante*, il descend lentement sous l'écorce ; là, il organise de nouveaux tissus destinés à augmenter le diamètre de la tige, et de nouveaux bourgeons qui, développés par l'afflux d'une nouvelle séve ascendante, allongeront la tige elle-même et feront naître des rameaux sur ses côtés. En même temps la séve descendante met en réserve, sur divers points du végétal, des matériaux organiques de diverse nature, qui concourront à former la nouvelle séve montante, comme les matériaux accumulés dans le corps cotylédonaire, et dans le périsperme quand il existe, avaient servi à constituer la première séve dans la graine.

Tel est le cercle des fonctions auxiliaires de la nutrition dans les plantes, en prenant pour type l'organisation des dicotylédones, dont les monocotylédones ne diffèrent d'ailleurs que dans les détails. Au milieu de cette succession de phénomènes d'absorption et d'exhalation, de circulation de la séve, de respiration, d'excrétions et de sécrétions, il nous reste à distinguer les phénomènes essentiels à la nutrition elle-même.

Depuis l'époque de sa germination, la plante ne cesse pour ainsi dire pas de produire de nouvelles parties ; l'*assimilation* est donc très active chez elle. Il paraît en être de même à l'égard de la *combustion nutritive*. Précédemment (p. 439-441), en traitant de la respiration des plantes comparée à celle des animaux, nous avons relaté diverses expériences de Garreau qui font envisager cette fonction sous un nouveau jour, et nous avons signalé la tendance des botanistes modernes à considérer la respiration végétale comme contribuant, avant tout, à une combustion nutritive de tous points comparable à celle qu'on observe chez les animaux, tandis que le phénomène de la fixation du carbone par les parties vertes serait une sorte d'alimentation, de *digestion végétale*, si l'on veut, beaucoup plus qu'un acte véritablement respiratoire. Aussi une plante qui cesse de décomposer l'acide carbonique (et cela a lieu quand on la laisse assez longtemps dans une complète obscurité) ne meurt pas en quelques jours, mais seulement languit et pâlit comme étant privée de nourriture ; tandis que celle qui ne reçoit plus d'oxygène (ainsi qu'on peut l'expérimenter en la plaçant dans un autre gaz, comme l'azote et l'hydro-

gène, ou encore dans le vide de la machine pneumatique) ne tarde pas à mourir comme *asphyxiée* (Garreau). — En tous cas, la nature des phénomènes respiratoires qui accompagnent la germination et la floraison des végétaux, la consommation notable qu'ils font alors des matériaux combustibles de leur organisme (amidon, sucre, etc.), l'exhalation d'acide carbonique qui s'y rattache, la production de chaleur que beaucoup d'entre eux permettent de constater de la façon la plus évidente, révèlent indubitablement, dans la nutrition des plantes, les mêmes faits de combustion ou d'oxydation qui, depuis Lavoisier, sont admis chez les animaux.

Entre la nutrition des animaux et celle des plantes, il semble donc y avoir analogie complète au moins dans les phénomènes essentiels qui la constituent. Des différences se montrent, il est vrai, dans la nature des substances que modifie et transforme l'élaboration nutritive, mais ces différences entre les deux séries des corps vivants n'ont rien qui doive surprendre : la matière organisée végétale étant seulement analogue à la matière organisée animale et n'étant pas identique avec elle, il est naturel que l'alimentation qui produit l'une ou l'autre, que les transmutations chimiques au milieu desquelles l'une ou l'autre se constitue, ne soient pas les mêmes.

En étudiant précédemment l'alimentation des animaux (*), nous avons montré que la majeure partie de leurs aliments sont des matières organisées animales ou végétales, et que les éléments *carbone*, *hydrogène*, *oxygène* et *azote*, pénètrent dans l'organisme des herbivores sous la forme de combinaisons où la vie avait déjà engagé ces éléments dans les plantes. Il en est de même de l'alimentation des carnivores, ces espèces vivant de la chair d'animaux dont les végétaux forment la nourriture habituelle. Quant aux plantes, elles ne sauraient redemander nécessairement aux tissus des animaux une matière alimentaire qu'elles sont elles-mêmes destinées à leur préparer, et c'est en effet sous une forme plus élémentaire que les matériaux nutritifs doivent s'introduire chez elles : l'eau contenue dans le sol, et enrichie des substances solubles qu'elle y a rencontrées, constitue le suc nourricier de nature variable que les racines absorbent et introduisent dans la sève ; l'acide carbonique de l'atmosphère, absorbé par les feuilles, représente une autre espèce d'aliment à l'usage des plantes ; enfin, l'ammoniaque et les sels ammoniacaux semblent compléter les matières premières de l'alimentation végétale, de manière à fournir à l'accroissement des tissus aussi bien qu'aux transmutations de la combustion nutritive. Il est vrai que, pour se nourrir, la plante a généralement besoin que des débris organisés abandonnent au sol leurs principes fécondants ; mais il y a tout lieu de croire que ces principes sont surtout utiles parce qu'ils fournissent *à l'état naissant*, au milieu de leur décomposition putride, les matières ammoniacales et l'acide carbonique que la plante réclame.

Quant aux aliments d'origine minérale, ils jouent le même rôle dans l'alimentation des plantes et dans celle des animaux : ils sont destinés à l'entretien ou au renouvellement des parties solides et liquides de l'organisme, car les humeurs et les tissus contiennent aussi des composés minéraux. Les animaux trouvent leurs aliments de nature minérale dans l'eau ordinaire qu'ils boivent, et aussi dans les tissus des plantes ou des autres animaux qu'ils ingèrent ; les végétaux les trouvent dans les sucs ou dissolutions aqueuses dont la terre est sans cesse imprégnée.

(*) Voir le chapitre DIGESTION, art. *Aliments*.

Ainsi la matière organisée animale se produit et se régénère au moyen de la matière organisée végétale : les plantes semblent avoir reçu la mission de constituer les premiers composés organiques en combinant le carbone, l'hydrogène, l'oxygène et l'azote que le milieu ambiant leur a fournis sous forme d'eau, d'acide carbonique et d'ammoniaque. La nutrition, ou pour mieux dire, l'assimilation végétale détermine un premier degré d'organisation qui nous élève des éléments chimiques de la matière vivante aux substances variées que la chimie a découvertes dans les tissus des plantes. L'assimilation animale reprend ces substances à ce premier degré d'organisation et les transforme en de nouvelles matières capables de constituer les organes plus parfaits ou plus complexes des animaux. En d'autres termes, la *matière inorganique*, une fois entrée dans la vie, subit une série de modifications qui tendent à l'élever sans cesse davantage, à la vitaliser de plus en plus, jusqu'au moment où, ses transformations étant accomplies, elle retourne à la matière brute pour recommencer un nouveau cycle de vie. Envisagée de cette manière, la nutrition établit entre les deux règnes organiques une solidarité qui ne permet plus de considérer cette fonction isolément dans l'un d'eux. L'albumine animale, par exemple, n'a pu se former qu'aux dépens des tissus végétaux ingérés à titre d'aliments; c'est donc à travers l'assimilation végétale qu'il faut aller rechercher son origine pour voir les éléments chimiques qui la constituent s'unir en une première combinaison de nature organique. — Ainsi, la matière vivante prend naissance dans un grand travail d'ensemble : commençant à l'absorption exercée par les plantes, elle subit sa première phase dans l'organisme végétal et en traverse une seconde dans l'organisme animal où elle atteint son plus haut degré de vitalité. Puis, quand elle a cessé de vivre, ses éléments constituants se désagrégent, entrent dans des combinaisons nouvelles, telles que l'eau, l'acide carbonique et l'ammoniaque, produits dans lesquels se résolvent, en définitive, toutes les matières animales en putréfaction. Ces matières, dont la composition est ordinairement si complexe, retournent donc, comme on le voit, aux combinaisons inorganiques qui avaient servi aux plantes à les élaborer. Ainsi tout se lie, tout s'enchaîne, tout se continue; la vie entretient la vie, et la mort sert à la renouveler suivant des lois éternelles.

A l'étude des phases diverses de l'assimilation, chez les plantes, commence donc tout naturellement l'histoire de la production de la matière vivante, et c'est en effet à cette étude qu'il appartient de nous révéler l'ordre invariable des transformations et combinaisons des éléments primordiaux de la substance organique. Ainsi l'ont pensé les physiologistes et les chimistes les plus éminents. « Les plantes, dit Dumas (1) se nourrissent des excrétions animales, c'est-à-dire, de l'*eau*, de l'*acide carbonique*, de l'*oxyde d'ammonium*; elles reçoivent ces aliments par l'intermédiaire de l'air... Une plante qui végète pendant quelque temps présente une incontestable accumulation de matière dans tous ses tissus : elle acquiert du *carbone*, de l'*hydrogène*, de l'*oxygène* et de l'*azote*; elle acquiert aussi des matières terreuses et minérales. »

Des expériences nombreuses, exécutées surtout par Boussingault (2) et par Dumas (3), ont nettement précisé les faits à cet égard :

L'organisme végétal puise à deux sources l'acide carbonique dont il a besoin :

(1) *Chimie physiol. et médic.* Paris, 1846, p. 431 et suiv.
(2) *Economie rurale*, t. I, chap. I.
(3) *Loc. cit.*

il l'emprunte directement à l'atmosphère et il l'absorbe par les racines. Le *carbone* de la plante provient essentiellement de la décomposition de cet acide. — L'*hydrogène* résulte de la décomposition de l'eau absorbée par les racines, par les feuilles et toutes les parties jeunes ou formées de tissus perméables et humides. — L'*azote* qui s'introduit dans le végétal provient de l'air ou du sol enrichi d'engrais : la forme sous laquelle il y pénètre est multiple, mais l'ammoniaque et ses divers composés jouent un rôle prépondérant dans l'absorption de cet élément par les plantes. — Quant à l'*oxygène*, il est emprunté à l'air atmosphérique et à l'eau décomposée.

De ces matériaux ainsi acquis, le végétal fait un double usage : une portion est, comme il a été dit, consommée dans une oxydation comparable à celle qui existe chez les animaux, et retourne au dehors sous la forme d'acide carbonique et de vapeur d'eau ; une autre portion est assimilée en s'engageant dans des combinaisons d'une nature spéciale dont divers produits constituent la substance même de la plante. — La graine, qui renferme la plante à l'état rudimentaire, offre déjà trois sortes de matières organiques qui résultent de ce premier travail organisateur : 1° un *principe protéique* ou *albuminoïde* ; 2° un *principe amylacé* ou *sucré* ; 3° un *principe gras*. Dans une trame vivante (*tissu cellulaire*) viennent se déposer ces trois espèces de principes immédiats. Puis, le développement ultérieur de la plante leur ajoute d'autres substances qui s'en rapprochent, comme la cellulose, les gommes, les mucilages, la glutine, etc., ou qui en sont distinctes, comme certaines matières salines et minérales.

Les *matières protéiques* (*) ont une composition à peu près identique pour chacune d'elles, ce qui explique comment, dans l'économie, elles peuvent et doivent passer, avec la plus grande facilité, de l'une à l'autre.

Cette composition comparée est la suivante (1) :

	Fibrine végétale ou animale.	Caséine végétale ou animale.	Albumine végétale ou animale.	Glutine.	Légumine.	Amandine.
Carbone.....	52,75	53,56	53,47	53,05	50,75	50,90
Hydrogène...	6,99	7,10	7,17	7,17	6,73	6,50
Oxygène....	23,69	23,47	23,64	23,84	24,03	24,10
Azote......	16,57	15,87	15,72	15,94	18,49	18,50
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

La précédente composition donnerait pour formule atomique de $C^{48}H^{72}O^{14}Az^{12}$ à $C^{48}H^{82}O^{18}Az^{15}$.

Les *matières amylacées* ont pour formule générale $C^{12}H^{10}O^{10}$. L'amidon, l'inuline, la dextrine, ont précisément cette composition ; la glycose qui en dérive contient en plus, à l'état anhydre, les éléments de 2 équivalents d'eau ($C^{12}H^{12}O^{12}$), et le sucre de fruits lui est isomère, tandis que le sucre de canne, extrait de la canne ou de la betterave, a une composition intermédiaire ($C^{12}H^{11}O^{11}$). D'autres substances sucrées d'origine végétale renferment un excès d'hydrogène, comme la mannite ($C^6H^7O^6$), la dulcine et la phycite qui lui sont isomères ; la mannitane ($C^6H^6O^5$) et ses isomères, la pinite, la quercite ; la mannide ($C^6H^5O^4$) ; la phaséomannite ($C^{24}H^{24}O^{20}$). — Les *gommes* ont une composition analogue à celle de l'amidon.

(*) De πρῶτος, premier, qui tient le premier rang.

(1) MALAGUTI, *Leçons élém. de chimie*, 2e édit., t. II, p. 49.

Les *matières grasses*, qui sont très abondamment répandues dans le règne organique, végétal ou animal, paraissent à peu près identiques dans les deux cas. Pour leur composition élémentaire, quelle que soit leur origine, on a : carbone, 79; hydrogène, 11; oxygène, 10. Les matières grasses sont donc beaucoup plus riches en carbone que les substances amylacées (carbone, 44, et eau, 56 pour 100), et de plus une partie de leur hydrogène (9,75 sur 11) s'y trouve en excès par rapport à l'oxygène nécessaire pour former de l'eau; deux conditions sur lesquelles nous aurons à insister plus tard, et qui donnent aux matières grasses un pouvoir calorifique bien supérieur à celui dont jouit le sucre ou l'amidon.

Enfin le *tissu cellulaire* des plantes est essentiellement caractérisé par l'union d'un principe protéique avec une substance que l'on nomme *cellulose* : avec les variétés qu'elle offre dans diverses plantes, la cellulose affecte une composition toujours identique ($C^{12}H^{10}O^{10}$), qui est précisément la composition élémentaire de l'amidon, sans qu'il soit permis néanmoins de confondre sous d'autres rapports ces deux substances. On a pu considérer la cellulose comme formée uniquement de carbone (44 pour 100) uni à de l'eau (56 pour 100), et l'on sait que l'amidon, la dextrine, les matières sucrées végétales peuvent être envisagés de la même manière, ainsi que les gommes ($C^{12}H^{10}O^{10}$). — Avec un radical, le *carbone*, et de l'eau, les plantes peuvent donc produire toutes ces dernières substances si répandues dans leurs organes (1).

Si l'on ajoute à ce premier ordre de faits, l'intervention de l'ammoniaque, on verra ce corps fournir de l'*hydrogène* et de l'*azote*, et l'on pourra dès lors concevoir qu'il y ait, dans la plante, des matières azotées et d'autres où l'hydrogène est en excès pour former de l'eau avec l'oxygène qu'elle renferme. La décomposition de l'ammoniaque, en s'ajoutant à celle de l'acide carbonique et de l'eau, peut en effet expliquer ici la production des *matières protéiques* à composition quaternaire (albumine, fibrine, etc.), et celle des matières surhydrogénées comme les *matières grasses* ou bien comme les huiles volatiles (essences), les résines, les matières colorantes, etc.

Tel est, d'une manière générale, le lien que l'on a pu saisir entre la matière végétale sous ses mille formes et les aliments de nature si élémentaire que la plante emprunte au sol et à l'atmosphère. C'est dans l'espèce de réservoir de toutes les matières organisées par la plante que l'animal viendra puiser les éléments de sa propre substance, en y adjoignant, comme nous le constaterons bientôt, de l'eau, et divers principes minéraux le plus souvent destinés à être simplement déposés dans les tissus. — L'introduction de certaines matières de nature minérale est aussi un des besoins des végétaux, et la nature de ces matières, réclamée par telle ou telle espèce, est une des causes qui, jusqu'à présent, expliquent le mieux l'aptitude des divers sols à des cultures différentes. L'observation a démontré, en effet, que les alcalis et les sels terreux qui se rencontrent dans les plantes ou dans leurs graines ont été primitivement tirés du sol (2); et, parmi toutes les expériences exécutées sur ce sujet, celles de Lassaigne sont si décisives, qu'il nous paraît utile de rappeler la suivante : « Je plaçai, dit-il, 10 grammes de graines de sarrasin (*Polygonum fagopyrum*) dans une capsule de platine contenant de la fleur de soufre lavée, et que j'avais

(1) Boussingault et Dumas, *Essai de statique chimique des êtres organisés*, p. 55 et 56, 2ᵉ édit. Paris, 1842.

(2) Th. Saussure, *Recherches chimiques sur la végétation*, passim. — Boussingault, *Économie rurale*, t. I, p. 85 et suiv. — Berthier, *Traité des essais, etc.*, t. I, p. 259.

humectée avec de l'eau distillée récemment préparée; je la posai sur une assiette de porcelaine qui contenait un demi-centimètre d'eau distillée, et je recouvris le tout avec une cloche de verre, à la partie supérieure de laquelle il y avait un robinet qui, au moyen d'un tube de verre recourbé en siphon et terminé par un entonnoir, me permettait de verser de l'eau de temps en temps sur le soufre. Au bout de deux ou trois jours, les graines avaient germé pour la plus grande partie ; on continua de les arroser tous les jours, et, dans l'espace d'une quinzaine, elles avaient poussé des tiges de 6 centimètres de hauteur, surmontées de plusieurs feuilles. On les rassembla avec soin, ainsi que plusieurs graines qui n'avaient point levé, et on les incinéra dans un creuset de platine; la cendre qu'on en obtint pesait 0,220 grammes : soumise à l'analyse, elle a donné 0,190 de phosphate de chaux, 0,25 de carbonate de chaux, et 0,5 de silice. — Dix grammes de ces mêmes semences incinérées fournirent la même quantité de cendre formée exactement des mêmes principes. »

Comme d'ailleurs il a été démontré par de nombreuses analyses de cendre végétale, dont les plus importantes sont dues à Berthier (1) et à Boussingault (2), que, d'une part, la nature des cendres fournies par une espèce donnée varie selon la nature du sol où elle a végété, et que, d'autre part, les espèces diverses de plantes exigent de la terre des matières minérales différentes, on en a pu conclure que, si certains sols se refusent à nourrir telle ou telle espèce, cela tient en grande partie à ce qu'ils ne peuvent lui fournir les substances minérales qui lui sont spécialement nécessaires.

Cet exposé sommaire de la nutrition, dans les plantes, suffit pour nous éclairer sur les conditions du phénomène, en même temps qu'il fournit les éléments d'une comparaison indispensable à établir avec la nutrition des animaux qui doit plus spécialement fixer notre attention. Cette comparaison peut seule, en nous plaçant à un point de vue général, faire embrasser dans leur ensemble les phénomènes relatifs à l'entretien des organismes vivants. Aussi devrons-nous y revenir incessamment, tout en suivant la série des faits connus à cet égard chez les animaux. — Le précédent exposé nous permet aussi de tracer le plan qu'il semble le plus convenable d'adopter dans l'étude de la nutrition. Sans aucun doute, nos moyens d'investigation ne sauraient atteindre avec la même facilité les actes de nutrition dans toutes les phases de leur accomplissement : nous pouvons nous faire des notions assez complètes des matériaux employés pour nourrir, et nous pouvons également constater avec quelque précision un certain nombre des résultats du travail nutritif. Mais, entre ces données il reste une lacune : dans les profondeurs difficilement pénétrables de l'organisme, se sont accomplis bien des phénomènes dont la nature ne peut guère jusqu'ici être soupçonnée que par la connaissance des matières premières qui y ont pris part et par l'examen des effets observables qu'il est permis de leur attribuer.

Nous diviserons donc l'histoire générale de la nutrition en trois parties. — Dans la première, nous occupant des matières alimentaires ou des *matériaux propres à la nutrition*, nous résumerons, au point de vue dont il s'agit, un sujet longuement traité dans un autre chapitre de cet ouvrage, à propos de la

(1) *Loc. cit.*
(2) *Ouvr. cit.*, t. I, p. 94.

digestion (*). — Dans la seconde partie, nous chercherons à préciser les *résultats définitifs de la nutrition*, considérés dans leurs rapports avec l'accroissement ou l'entretien des organes, et aussi avec l'élimination de produits variés dont la perte est compensée par l'acquisition de matériaux nouveaux.

Ces deux premières parties comprennent les données les plus positives, celles qui se déduisent le plus directement de l'observation et de l'expérience.

Quant à la troisième partie, où seront étudiés les *actes intimes de la nutrition*, elle a pour base les inductions qui découlent des deux premières, inductions contrôlées avec plus ou moins de rigueur par une expérimentation toujours difficile et souvent obscure dans ses indications. — Là, en exposant la théorie de la nutrition, nous nous efforcerons de déterminer, aussi exactement que possible, la véritable nature de l'*assimilation*, et la manière dont on doit concevoir le phénomène habituellement désigné sous le nom de *combustion nutritive*.

Il nous faudra incidemment traiter de la *régénération* des organes mutilés, qui est un effet exceptionnel de nutrition, et aussi de l'action que certaines substances *toxiques* ou *médicamenteuses* peuvent exercer sur les actes nutritifs les plus intimes.

L'âge de l'individu, la nature des travaux qu'il exécute, son genre de vie, les mœurs naturelles ou artificiellement acquises qu'on lui connaît, le climat sous lequel il vit, etc., sont autant de *conditions* qui influent sur les résultats et les produits de la nutrition ; nous ne saurions donc non plus les passer sous silence.

Enfin, comme complément naturel de l'histoire de la nutrition, suivra un chapitre spécialement consacré à l'étude de la CHALEUR ANIMALE.

§ I. — Des matériaux propres à la nutrition des animaux.

Les matériaux que les animaux empruntent au monde extérieur pour satisfaire aux besoins de la nutrition pénètrent dans leur organisme par les voies diverses de l'absorption. Si, chez les animaux supérieurs, c'est par l'entremise de la membrane muqueuse pulmonaire que le principe vivifiant de l'air (*gaz oxygène*) pénètre dans les voies circulatoires, c'est par la membrane muqueuse digestive et ses vaisseaux que s'engage le *produit liquide de la digestion* pour venir se mêler au sang, rendez-vous commun de tout ce qui est absorbé. Les muqueuses pulmonaire et digestive sont donc, comme surfaces absorbantes, les plus importantes de toutes, puisqu'elles sont essentiellement chargées d'introduire dans l'organisme les matériaux propres à réparer ses pertes. Quant aux autres surfaces membraneuses, la peau surtout, elles peuvent aussi absorber des substances qui arrivent à leur contact et parmi lesquelles il faut mentionner l'eau, avec les sels qu'elle tient en dissolution ; eau et sels, qui d'ailleurs s'introduisent également par les muqueuses digestive et pulmonaire. Telles sont donc les voies par lesquelles les principes nutritifs pénètrent dans les organismes supérieurs. Mais souvent, chez des animaux inférieurs, la vie aquatique rend l'appareil respiratoire superficiel et confond plus ou moins complétement les deux surfaces respiratoire et cutanée, que l'on peut dès lors, et pour bien des raisons, considérer comme dépendantes l'une de l'autre. — Placé au précédent point de vue, on se représente donc l'animal absorbant, par sa peau et sa muqueuse respiratoire (distinctes ou confondues),

(*) Voir ci-dessus, p. 33 et suiv.

l'oxygène atmosphérique, l'eau, avec quelques autres substances d'une composition très simple, et, par sa muqueuse digestive, les matériaux plus complexes extraits des aliments. L'*eau* abonde évidemment dans ces deux courants d'absorption, et, chez l'animal, elle va ou bien jouer un rôle actif sous la forme même de protoxyde d'hydrogène, ou fournir, en se décomposant, de l'oxygène et de l'hydrogène utilisés dans la constitution de la matière animale. Quant aux *matériaux alimentaires* proprement dits, ils sont plus spécialement appelés à fournir à cette dernière le carbone, l'hydrogène et l'azote. Bientôt nous aurons à examiner ces questions avec les développements qu'elles réclament.

En étudiant la digestion (1), nous avons dit avec détail comment on peut classer les substances alimentaires habituellement consommées par l'homme et les animaux supérieurs. — Il y a lieu de les distinguer d'abord en *aliments organiques* et en *aliments inorganiques*. Les premiers, si divers qu'ils soient, peuvent se rapporter à trois groupes dont chacun, pour devenir absorbable, subit des changements spéciaux. Le tableau suivant reproduit ces différentes divisions :

Aliments de nature organique.	Azotés ou plastiques	1° Matières albuminoïdes		Albumine. Fibrine. Caséine. Gélatine et chondrine. Glutine. Légumine, amandine, etc.
	Non azotés ou respiratoires (*)	2° Matières grasses		Beurre. Huiles fixes. Graisses, etc.
		3° Matières amylacées et sucrées	Amylacées.	Amidon. Inuline. Cellulose. Gommes. Mucilages. Pectose, etc.
			Sucrées	Glycose ou sucre d'amidon. Sucre de canne. Sucre liquide ou de fruit. Lactose, etc.
Aliments de nature inorganique				Eau. Chlorure de sodium. Composés ferrugineux. Phosphate de chaux, etc.

La vie, chez les êtres organisés, n'est possible qu'à la condition que leurs tissus soient continuellement pénétrés de liquides. De là l'importance des *boissons*. Il résulte de ce que nous en avons dit (p. 65), que, sous leur forme liquide, elles peuvent introduire aussi dans l'économie des principes alimentaires semblables ou analogues à ceux que renferment les aliments solides, et notamment des sels inorganiques qui entrent eux-mêmes dans la composition des parties solides et liquides de l'organisme. Hâtons-nous de faire observer que, pour les animaux, l'*eau* est la seule boisson, et que les autres, telles que les liqueurs alcooliques, les préparations de thé, de café, de chocolat, le bouillon, etc., ne concernent absolument que

(1) Voir ci-dessus, p. 34 et suiv.

(*) Nous avons fait connaître précédemment (p. 35) les raisons qui empêchent d'accorder une valeur trop absolue à la division des aliments en *plastiques* et en *respiratoires*; cette division n'est fondée que d'une manière générale.

l'homme et exceptionnellement quelques animaux domestiques qu'il associe à son mode d'existence. Mais, si l'on considère ces boissons créées par l'industrie humaine, on fera aussi sans difficulté rentrer dans la classification précédente les différents principes alimentaires qu'on y rencontre. Toutes ces boissons contiennent, avant tout, une forte proportion d'*eau*. L'*alcool*, qui se présente ensuite, dérive exclusivement des matières sucrées et s'y rattache entièrement comme substance alimentaire. Le *thé*, le *café* et le *chocolat* sont de véritables dissolutions de matières nutritives; le *bouillon* offre particulièrement ce caractère, et nous avons établi (1) que sa composition autorise même à lui attribuer un pouvoir nutritif assez étendu. Le *lait* est également cité comme une sorte de boisson : mais on doit regarder ce liquide comme un *aliment tout spécial*, préparé naturellement pour nourrir, sans le secours d'aucune autre substance alimentaire, de jeunes animaux à l'époque de leur développement. Aussi le lait semble-t-il être le type de tout régime alimentaire complet, et, en rappelant sommairement sa composition, donne-t-on une sorte de résumé du tableau précédent : le lait renferme, en effet, de la *caséine* et de l'*albumine*, du *beurre*, de la *lactose*, des *sels minéraux* et de l'*eau* en très notable proportion, c'est-à-dire des matières albuminoïdes, des matières grasses, des matières sucrées et des sels inorganiques, avec un véhicule liquide qui lui-même joue dans la nutrition un rôle des plus importants.

Nous n'avons pas à nous étendre davantage ici sur l'origine et la composition des aliments que nous avons déjà examinées ailleurs avec tous les développements nécessaires (p. 33-90). Il nous faut maintenant rappeler, de la manière la plus succincte, les changements spéciaux que doivent subir les divers aliments d'origine organique, pour devenir absorbables. C'est ainsi que nous avons vu (2) qu'en présence de la pepsine acidifiée, tous les aliments albuminoïdes ou azotés donnent naissance à un produit unique, quoiqu'un peu diversifié dans ses réactions, et désigné sous le nom d'*albuminose* ou de *peptone ;* que, pour remplir leur rôle spécial dans la nutrition des animaux, les aliments hydrocarbonés (fécule, sucres, etc.) subissent d'abord une transformation unique et se convertissent en *glycose* (*); qu'enfin, l'*émulsionnement* des substances grasses alimentaires, c'est-à-dire leur division en particules d'une finesse extrême, précède habituellement leur absorption. — C'est en effet sous les différents états d'albuminose, de glycose et d'émulsion, que pénètrent dans l'économie ces divers aliments, dont les uns paraissent concourir plus spécialement à l'assimilation, et les autres à l'entretien de la respiration ou à la production de la chaleur animale.

Quant à l'*eau* ingérée dans l'estomac, elle se trouble par son mélange avec les produits de sécrétion de cet organe; une partie passe dans l'intestin grêle, l'autre est absorbée sur place, mais sans transformation préalable. Les *boissons alcooliques*, pures de tout mélange, ne subissent aussi d'autre altération que d'être étendues par le suc et le mucus gastriques, la salive et les autres liquides digestifs. Les *sels alcalins* solubles, renfermés dans les aliments, passent avec l'eau, avec les fluides

(1) Voir ci-dessus, p. 71.

(2) Consultez pour les détails, le chapitre *Digestion*, p. 219 et suiv.; 261, 274.

(*) La fermentation prolongée de la *glycose* elle-même, au contact des matières azotées, peut donner naissance, dans l'intestin grêle, à de l'*acide lactique* et à de l'*acide acétique*, puis à de l'*acide butyrique*, avec dégagement d'hydrogène et d'acide carbonique, gaz qui se rencontrent parmi les produits gazeux de l'intestin.

gastrique et salivaire, sans être altérés. Les *métaux* et les *sels terreux* ont donné lieu à de nombreuses controverses sous le rapport de leur solubilité dans le suc gastrique ; toujours est-il qu'une fois dissous, ils sont aussi absorbés, en nature, par la muqueuse intestinale. Ainsi, il faut admettre que, dissous dans les liquides de l'économie, où l'eau occupe une si large place, les principes ou aliments minéraux pénètrent dans l'organisme animal *avec leur constitution primitive* et sans autre changement que leur dissolution même dans les liquides aqueux. — C'est donc le contraire de ce qu'on observe pour les aliments d'origine organique qui ne sont absorbés qu'à la condition d'avoir subi dans l'intestin certaines transformations préalables.

Nous avons fait entrevoir, plus haut, que l'*albuminose* ou *peptone* n'est pas absolument identique, suivant qu'elle provient de l'albumine, de la fibrine ou de la caséine. En effet, d'après les analyses de Lehmann (1), il y aurait entre les diverses peptones quelques différences dans la composition élémentaire, et il en existerait aussi, suivant L. Corvisart (2), dans les réactions. Cela porte donc à croire que, si chaque principe albuminoïde donne en effet une peptone différente, c'est pour répondre à des besoins différents de l'économie. Ces divers produits azotés solubles et absorbables, élaborés par la digestion, auraient d'ailleurs la même composition chimique et à très peu près la même constitution moléculaire que les substances desquelles ils procèdent, et, par conséquent, ils pourraient remplacer ces dernières dans l'organisme. Au point de vue physiologique, la solubilité si grande des diverses peptones semble être le seul changement apporté par la digestion aux matières azotées puisées dans les aliments, et l'on pourrait dire que l'absorption digestive introduit dans le sang de l'albumine, de la fibrine, etc., à peu près telles que les divers organes en réclament pour les assimiler à leur tissu. Or, si l'on considère que tout animal carnassier se nourrit de la chair d'une espèce qui elle-même a emprunté ses aliments au règne végétal; que d'ailleurs il n'existe aucune différence essentielle entre les principales matières protéiques de l'un et l'autre règne, on sera amené à penser que les éléments chimiques de ces matières se sont primitivement combinés sous cette forme dans les tissus de la plante pour passer ensuite dans la substance des animaux et la constituer. Ce point de vue permet de concevoir les liens les plus intimes entre la matière organisée des animaux et celle des plantes, en même temps qu'il fait pressentir de grandes analogies dans les phénomènes essentiels de leur nutrition.

Un autre ordre de phénomènes digestifs a pour mission de préparer, pour l'absorption, les *matières grasses* de la masse alimentaire. Ces matières étant insolubles dans l'eau, ce n'est pas à l'aide de ce véhicule, nous l'avons vu, qu'elles peuvent être absorbées par les surfaces digestives. Sous l'influence de la bile, du suc pancréatique et du suc intestinal, elles se transforment en des *émulsions* (*) où, sans altérer leur nature, le travail digestif a surtout modifié leur état physique. Ici, par conséquent, la matière grasse alimentaire sera absorbée à un état aussi voisin que possible de celui sous lequel elle a été ingérée ; mais, comme les graisses végétales et les graisses animales n'offrent peut-être pas entre elles autant d'ana-

(1) *Physiol. Chemie*, t. II, p. 54.
(2) *Études sur les aliments et les nutriments*. Paris, 1854, p. 41.

(*) Du moins il en est ainsi chez les mammifères. Dans les oiseaux, les reptiles et les poissons, l'émulsionnement des graisses ne paraît pas précéder nécessairement leur absorption. Il est vrai que divers auteurs admettent, sans preuves directes, que, chez ces vertébrés, les matières grasses passeraient dans les veines où leur aspect émulsif serait masqué par le mélange avec le sang.

logies qu'il en existe entre les matières albuminoïdes provenant des animaux ou des plantes, nous aurons plus tard à rechercher les changements que subissent les graisses végétales pour constituer la graisse des animaux, et aussi surtout quelle autre origine on peut assigner à cette dernière substance.

Quant aux *aliments hydrocarbonés* (fécule, sucres, etc.), ils trouvent, principalement dans les sucs pancréatique et intestinal, des agents qui les changent en *glycose*, et qui complètent ainsi l'effet commencé par la salive. Il est assez généralement admis que la plus grande partie de la glycose qui en provient est absorbée sous cette forme, tandis qu'une faible partie seulement éprouve la fermentation lactique. Il est vrai que, n'ayant pu constater que la présence de lactates et non celle de la glycose dans les voies de l'absorption chez des animaux nourris de matières féculentes, Lehmann (1) a été amené à croire que la transformation ultérieure de la glycose en acide lactique était la condition de l'absorption des féculents; mais les expériences si nombreuses et si bien instituées de F. G. de Becker (2) ne sauraient laisser subsister une pareille opinion, puisqu'elles démontrent que réellement la plus forte portion de la glycose formée pénètre, en nature, dans le système vasculaire.

En résumé, la digestion fournit à l'absorption stomacale et intestinale : 1° des *émulsions* de matières grasses ; 2° des *dissolutions* de principes protéiques convertis en peptone, de matières sucrées et de sels minéraux.

Dans l'espèce humaine, les boissons introduisent habituellement dans ces dissolutions quelques autres substances dont l'*alcool* est la plus importante. Nous dirons plus loin quel rôle ces dernières ajoutées à l'alimentation peuvent jouer dans l'accomplissement du travail nutritif.

Il ne suffit pas d'avoir passé en revue tous les matériaux alimentaires qui concourent à la nutrition, ni d'avoir fait connaître les formes diverses sous lesquelles ces matériaux deviennent absorbables et miscibles au sang. On doit encore savoir que, pour que ce dernier fluide acquière des qualités directement nutritives, il faut l'intervention d'un élément essentiel que les animaux trouvent et puisent incessamment dans l'atmosphère, l'*oxygène*, agent de toutes les transformations ultérieures que la matière organique doit subir dans le sang, par suite de la *combustion nutritive*. Commune aux animaux et aux plantes, l'absorption de cet agent gazeux constitue, en effet, une des conditions fondamentales des fonctions de nutrition. Nous savons déjà à l'aide de quels organes et dans quelles circonstances cette absorption s'accomplit dans les deux règnes organiques (*).

Après le précédent exposé concernant les *matériaux propres à la nutrition* et leurs conditions d'introduction dans l'économie animale, il nous faut constater ce qui ultérieurement est éliminé hors du corps vivant et ce qui reste en lui pour l'entretenir ou l'accroître ; nous allons, en un mot, rechercher maintenant quels sont les résultats ou les *produits définitifs de la nutrition.*

(1) *Physiol. Chemie*, t. III, p. 341-344.

(2) *Zeitschrift für Zoologie*, etc., de Siebold et Kölliker, déc. 1853.

(*) Voir ci-dessus, p. 430 et suiv., le résumé des expériences de Garreau relatives à l'absorption de l'oxygène atmosphérique par les plantes.

§ II. — Des produits définitifs de la nutrition.

Nous avons suivi aussi loin que possible (jusque dans le sang) les matériaux propres à la nutrition, c'est-à-dire l'oxygène et les diverses substances alimentaires déjà élaborées dans les voies digestives. Ne pouvant observer directement toutes les transmutations et réactions que subissent ces différents matériaux à mesure que la circulation les promène à travers l'appareil respiratoire et les autres parties du corps, nous allons, pour le moment, porter surtout notre attention sur les produits définitifs de ces réactions accomplies dans le sang. — Certaines substances, nous l'avons dit, demeurent fixées dans l'organisme par *assimilation*, tandis que d'autres sont expulsées au dehors par les *excrétions*; distinction importante à rappeler dans l'examen des résultats du travail nutritif, et à suivre sous le rapport de la marche naturelle qu'elle indique. Étudiant donc d'abord, au point de vue de leur composition, les matières éliminées du corps par les excrétions de tous genres, nous dirons ensuite la constitution des tissus animaux formés par l'assimilation. Dans la réunion de ces deux classes de produits, devront évidemment se retrouver, sous une forme plus ou moins éloignée de leur forme primitive, tous les matériaux empruntés au dehors pour satisfaire aux besoins de la nutrition.

Les animaux rejettent des *fèces* par le tube digestif (*), de l'*urine* par l'appareil rénal, des *produits aériformes* par les surfaces respiratoires; l'*excrétion cutanée* (sueur, etc.) et divers produits fournis en assez minime quantité par quelques surfaces muqueuses, complètent le nombre des matières éliminées.

Précédemment (p. 278), nous avons indiqué, autant que le permet l'état de la science, par quelles modifications du chyme se produisent les *matières fécales*, et nous avons fait connaître, d'après les travaux de plusieurs chimistes modernes, la composition de ces matières. Il convient d'y revenir ici à un point de vue un peu différent. Berzelius (1) a nettement signalé les produits qui nécessairement sont renfermés dans les excréments ou résidus de la digestion. Suivant cet illustre chimiste, « ceux-ci doivent contenir : 1° les parties de la nourriture qui ont été épuisées, sans pouvoir se dissoudre ; 2° ce qui s'est précipité de la bile ; 3° du mucus intestinal ; 4° de la bile non décomposée et non absorbée ; 5° des sels accumulés, et qui également n'ont point été absorbés. » Puis il cite une analyse des excréments humains qu'il a faite lui-même, et dont voici le résultat :

	Eau		75,3
Matières solubles dans l'eau.	Bile	0,9	5,7
	Albumine	0,9	
	Matière extractive particulière	0,7	
	Sels	2,2	
	Résidu insoluble des aliments digérés		7,0
	Matières insolubles qui s'ajoutent dans le canal intestinal, mucus, résine biliaire, graisse, matière animale particulière, etc.		14,0
			102,0

(*) La *bile*, comme on le sait, est en partie expulsée avec les fèces.

(1) *Traité de chimie*, trad. franç. Paris, 1833, t. VII, p. 268 et 273.

Berzelius fait observer que les *proportions* qu'il indique ne doivent être considérées que comme des exemples dont les nombres n'ont de valeur que pour le cas dont il s'agit, et doivent varier sans cesse en raison des aliments, des boissons, de l'état de santé, etc. Mais ce qui nous intéresse pour l'instant, c'est la nature des substances contenues dans les fèces, et non leurs quantités relatives; or, l'analyse précédente nous fournit justement quelques données à cet égard.

Einhof et Thaer (1) ont analysé les excréments des bêtes à cornes, mais au point de vue de leur emploi comme engrais; aussi ne saurait-on, au point de vue physiologique, regarder leur analyse comme complète, ni comme bien instructive. Dans leurs manipulations, ils obtinrent sur le filtre une matière verte mucilagineuse, qui exhalait une odeur semblable à celle de la bile de bœuf, et que néanmoins ils ont considérée, mais à tort, comme ne pouvant provenir de ce fluide, parce qu'elle brûle en répandant la même odeur qu'une substance végétale. — Morin a fait, des excréments frais des bêtes à cornes, une autre analyse plus complète qui est citée par Berzelius (2) :

Eau	70,00
Fibre végétale	24,08
Résine verte et acides gras	1,52
Matière biliaire (indécomposée)	0,60
Matière extractive particulière, nommée *bubuline* par Morin	1,60
Albumine	0,40
Résine biliaire	1,80
	100,00

Ces deux analyses ont encore révélé, dans les fèces, la présence d'une certaine quantité de *sels minéraux*, la plupart solubles.

Chez l'homme, Berzelius trouva ces sels formés par du carbonate, du sulfate et du chlorure sodiques ($\frac{3}{5}$ des cendres obtenues), du phosphate magnésique ($\frac{2}{15}$), et du phosphate calcique ($\frac{4}{15}$). Morin, chez les bêtes à cornes, retira d'excréments frais 2 pour 100 de cendres, dans lesquelles il reconnut du sulfate potassique, du chlorure, du carbonate et du phosphate calciques, de la silice, de l'alumine et de l'oxyde ferrique. — La nature de ces principes minéraux, comparée à la constitution chimique des aliments de chaque espèce, porte à croire que ces matières salines proviennent, du moins en grande partie, des substances ingérées. Toutefois ces sels entrant aussi dans la composition de la salive, du suc gastrique, de la bile, du suc pancréatique et du suc intestinal, leur origine dans les fèces peut être diversement expliquée.

Les fèces des oiseaux et des reptiles ont été aussi l'objet de recherches chimiques; mais il importe ici, pour apprécier les résultats, de se rappeler que, chez ces animaux, le canal digestif, au lieu de s'ouvrir directement au dehors, aboutit dans une cavité commune, le *cloaque*, où les voies urinaires viennent aussi verser leur produit. Les matières fécales des vertébrés de ces deux classes correspondent donc aux fèces et aux urines des mammifères et de l'homme. — On doit à Braconnot une analyse des excréments du rossignol; cette analyse, également rapportée par Berzelius (3), a fourni les résultats suivants :

(1) *Grundsätze der rationellen Landwirthschaft*, t. IV.
(2) *Ouvr. cit.*, t. VII, p. 278.
(3) *Ouvr. cit.*, t. VII, p. 282.

Acide urique avec sururates potassique et ammoniaque	52,7
Extrait insoluble dans l'alcool	33,3
Phosphate calcique, ferrifère	4,3
Sulfate potassique	3,3
Matière biliaire	2,8
Chlorure potassique	0,8
Phosphates potassique et ammonique	0,8
Acide combustible, uni à l'ammoniaque	0,7
Phosphate ammoniaco-magnésique	0,2
Acide lactique libre et un peu d'acide acétique	0,3
Mucus intestinal	0,3
Résine biliaire, matière noire	0,3
Acides gras	0,2
Chlorure ammonique estimé à	0,2
	100,2

Notre but, en citant les divers résultats qui précèdent, a été, en partie, de prouver que les fèces des animaux, du moins celles des animaux supérieurs, ont toujours offert aux observateurs des substances provenant évidemment de la bile, et d'appuyer ainsi sur des données expérimentales l'assertion de Berzelius qui a été rapportée plus haut. Or, si l'on réfléchit que tous les liquides digestifs n'ont pas le privilége de contenir des éléments caractéristiques faciles à retrouver comme ceux de la bile, et que, par conséquent, il n'y a pas lieu d'espérer de découvrir dans les fèces la trace de la salive, du suc gastrique, des fluides pancréatique et intestinal, on est au moins conduit à supposer qu'à l'exemple de la bile ces divers produits de sécrétion peuvent bien aussi abandonner aux excréments une portion de leur substance, pour être éliminée du corps. — Les matières fécales ne sauraient donc être exclusivement considérées comme des résidus d'aliments ou de substances réfractaires à l'action digestive; elles contiennent aussi de véritables produits excrétés provenant de l'organisme lui-même (bile, etc.). Toutefois l'abondance ou la prédominance des débris d'aliments dans ces mêmes matières est un fait au-dessus de toute contestation, et qu'il nous a été facile de mettre en évidence ailleurs en traçant l'histoire de la digestion.

La *composition élémentaire des fèces* est plus facile à constater que sa composition en principes organiques, et elle a été maintes fois recherchée surtout à propos d'études agronomiques sur les engrais d'origine animale. Intimement liée à la nature des aliments ingérés, cette composition a constamment offert les quatre éléments habituels des matières organiques animales (carbone, hydrogène, oxygène et azote). — Il convient de rappeler que le plus souvent l'urine a été réunie aux fèces pour les analyses de ce genre.

La quantité proportionnelle d'azote contenue dans les fèces ne change pas d'ailleurs bien notablement lorsqu'on les analyse séparées de l'urine : si les résidus des aliments n'en contiennent probablement pas, la portion excrémentitielle des liquides digestifs eux-mêmes peut en fournir assez pour expliquer ce que l'on en constate (1). Liebig (2) a donné quelques résultats de ce genre ; on en peut déduire que les excréments d'un cheval (urine non comprise) renfermaient à l'état sec :

Carbone	38,7
Hydrogène	5,1
Oxygène	38,3
Azote	2,2
Sels et terre	15,7

(1) LIEBIG, *Lettres sur la chimie*, trad. de Gerhardt, t. I, p. 256.
(2) *Ann. de chim. et de phys.*, LXX, p. 136.

L'analyse des excréments d'une vache lui a donné à peu près les mêmes nombres.

Composition élémentaire de 100 *parties pondérables de déjections fécales et urinaires, d'après* BOUSSINGAULT (1).

DEJECTIONS.		NOMS DES ESPÈCES.		
		Cheval.	Vache.	Porc.
A l'état sec......	C...........	38,6	39,8	38,7
	H...........	5,0	4,7	4,8
	O...........	36,4	35,5	32,5
	Az..........	2,7	2,6	3,4
	Sels et terre...	17,3	17,4	20,6
A l'état humide..	C...........	9,19	5,39	6,97
	H...........	1,20	0,64	0,86
	O...........	8,66	4,81	5,85
	Az..........	0,65	0,36	0,61
	Sels et terre...	4,13	2,36	3,71
	Eau.........	76,17	86,44	82,00

Pour tenir un compte rigoureux des matières éliminées par le tube digestif, il faut aussi mentionner les *gaz intestinaux*, dont la totalité, il est vrai, n'est pas expulsée au dehors. L'oxygène, l'azote, l'acide carbonique, l'hydrogène, l'hydrogène carboné, l'hydrogène sulfuré, et exceptionnellement, l'oxyde de carbone, tels sont les divers gaz qui, en s'associant d'une manière variable, entrent dans la composition du produit gazeux de l'appareil digestif. L'acide carbonique et l'azote en constituent la plus forte partie, et la proportion du premier semble augmenter à mesure que l'on se rapproche de l'anus. Après avoir examiné la question des gaz du tube digestif (*Digestion*, p. 281), nous avons été amené à conclure que la science n'a pu encore établir rien de précis relativement à l'origine de chacun d'entre eux.

Avant d'abandonner le problème, jusqu'ici trop peu étudié, de la composition des fèces, nous devons signaler l'importante différence qu'y introduit un régime exclusivement composé de viande. D'après Liebig (2), les excréments blancs et humides d'un chien nourri de viande et d'os se dessèchent à l'air en une poudre qui, outre le phosphate calcaire des os, renferme à peine un centième d'une autre substance étrangère. Les excréments du lion et du tigre (3) sont en petite quantité et peu humides : ils contiennent, pour la plus grande partie, de la substance osseuse et des traces seulement de matières carbonées. — Ainsi, les fèces des mammifères carnivores (d'ailleurs beaucoup moins abondantes que celles des omnivores et surtout des herbivores) paraissent formées principalement de la portion minérale des os de leur proie, la véritable matière fécale étant réduite presque à rien. — Chez les oiseaux carnivores et chez les serpents, l'urine devient la principale excrétion, et le tube digestif ne fournit plus relativement qu'une bien petite quantité de produits excrémentitiels.

(1) *Traité d'économie rurale*, t. I, p. 720.
(2) *Lettres sur la chimie*, t. I, p. 257, trad. cit.
(3) LIEBIG, *Chimie organ.*, p. 62.

Nous examinerons plus loin les curieuses inductions que l'on a pu tirer de ces faits au sujet de l'alimentation de ces animaux et de la théorie générale de la nutrition.

Une des principales excrétions du corps des animaux supérieurs est confiée aux reins : c'est l'*urine*. Quoique nous ayons déjà étudié les propriétés physiques et chimiques de ce liquide excrémentitiel, il y a lieu de rappeler ici quelques résultats de cette étude comme pouvant concourir à l'interprétation des phénomènes nutritifs. — La composition chimique de l'*urine* offre surtout un grand intérêt à ce point de vue ; elle est d'ailleurs, comme celle des fèces, sujette à varier sous l'influence de circonstances diverses et particulièrement de l'alimentation.

Composition moyenne et normale de l'urine de l'homme, d'après LEHMANN (1).

Eau		931,41
Urée		32,91
Acide urique	1,07	2,62
— lactique	1,55	
Extrait aqueux		0,59
— alcoolique et aqueux		9,81
Lactate d'ammoniaque		1,96
Mucus		0,10
Sulfates alcalins	7,29	15,73
Phosphate de soude	3,66	
Phosphates de chaux et de magnésie	1,18	
Chlorures de sodium et d'ammoniaque	3,60	
Résidu solide		68,58

Composition de l'urine de mammifères herbivores, d'après BOUSSINGAULT (2).

	VACHE.	CHEVAL.	PORC soumis à un régime végétal.
Eau, matières indéterminées	921,3	910,8	979,1
Urée	18,5	31,0	4,9
Hippurate de potasse	16,5	4,7	0,0
Lactates alcalins	17,2	20,1	indéterm.
Matières minérales (bicarbonate et sulfate de potasse, carbonate de magnésie et de chaux, chlorure de sodium, phosphate, silice)	26,5	33,4	16,0
	1000,0	1000,0	1000,0

Composition de l'urine de mammifères carnivores (lion et tigre), d'après HIERONYMI (3).

Eau	846,10
Urée, extrait alcoolique et acide lactique	132,20
Acide urique	0,22
Mucus	5,10
Lactate de potasse	3,30
Matières minérales (sulfate de potasse, sel ammoniac, chlorure de sodium, phosphates terreux, alcalins et ammoniacaux)	13,08
	1000,00

(1) Cité par DUMAS, *Chim. physiol. et méd.* Paris, 1846, p. 541.
(2) *Ann. de chim. et de phys.*, t. XV, 3e série. — *Traité d'économie rurale*, t. I, p. 687.
(3) Cité par DUMAS, *Chim. physiol. et médic.*, p. 571.

En jetant les yeux sur ces analyses, on reconnaît que l'urine consiste essentiellement dans la dissolution aqueuse d'une substance organique, l'*urée*, et d'une certaine quantité de matières minérales, phosphates, sulfates, carbonates et chlorures alcalins, terreux et ammoniacaux. — La composition élémentaire de l'urée, qui doit être prise en sérieuse considération, est la suivante (1) :

Urée. — $C^2O^2Az^2H^4$.

	W. Prout.	Wœhler et Liebig.
Carbone	19,99	20,02
Hydrogène	6,65	6,71
Oxygène	26,63	26,54
Azote	46,65	46,73

L'urée est donc une substance très riche en azote ; elle est peu différente, à cet égard, des sels ammoniacaux, puisqu'en lui ajoutant seulement 4 équivalents d'hydrogène, on obtient du carbonate d'ammoniaque, et que cette dernière transformation s'opère avec rapidité quand l'urine est abandonnée à l'air, par suite des altérations qu'y éprouvent les mucosités de ce liquide.

L'urine de l'homme et des carnivores renferme, avec l'urée, un acide organique spécial également azoté, l'*acide urique*. Celui-ci est remplacé, dans l'urine des herbivores, par un autre acide azoté, l'*acide hippurique*.

Acide urique. — $C^{10}O^6Az^4H^4$.

	Liebig.	Mitscherlich.
Carbone	36,08	35,82
Hydrogène	2,44	2,38
Oxygène	22,12	27,20
Azote	33,36	34,60

Acide hippurique. — $C^{18}O^6Az^2H^8$.

	Liebig.	Dumas.	Mitscherlich.
Carbone	60,74	60,5	60,63
Hydrogène	4,95	4,9	4,98
Oxygène	26,48	26,9	26,50
Azote	7,81	7,7	7,90

Si l'on tient compte, en outre, des autres matières ammoniacales que contient l'urine, on voit que la *proportion d'azote* renfermée dans cette excrétion est considérable; et c'est là, en effet, un de ses traits caractéristiques. — Dans les analyses faites par Boussingault (2), 100 parties d'urine de cheval ont donné 12,4 d'extrait sec, dont 1,55 d'azote ; 100 parties d'urine de vache ont donné, sur 11,7 d'extrait sec, 0,44 d'azote ; 100 parties d'urine de porc ont fourni extrait sec 2,08, dont 0,23 d'azote; enfin Jargensen, cité par Boussingault, a obtenu de 100 parties d'urine de mouton, 13,50 d'extrait sec, dont 1,31 d'azote.

Voici d'ailleurs, d'après Boussingault (3), les quantités d'azote rendues *en vingt-quatre heures* par les urines, dans diverses expériences instituées sur des herbivores :

(1) Liebig, *Chimie organique appliquée à la physiologie animale*, p. 343.
(2) *Économie rurale*, t. I, p. 781 et suiv.
(3) *Ouvr. cit.*, t. II, p. 381.

Cheval, sur	1330	grammes d'urine	38	grammes d'azote	=	30lit.,4
Vache....	8200	—	37	—	=	29lit.,5
Porc.....	3050		6,9	—	=	3lit.,5
Porc.....	1650	—	3,9	—	=	3lit.,12
Mouton...	476,7	—	6,2	—	=	4lit.,98

Les autres principes (carbone, hydrogène, oxygène) sont, relativement à l'azote, assez abondants, sans avoir la même importance. Dans les précédentes expériences, par exemple, les nombres obtenus pour les 24 heures ont été les suivants :

			Carbone.	Hydrogène.	Oxygène.
Cheval, sur	1330	grammes d'urine	109 gram.	11 gram.	34 gram.
Vache.....	8200	—	261	25	254
Porc......	3050	—	7,6	1	16,3
Mouton....	476,7	—	20,4	2,5	13,1

Il reste à indiquer très sommairement la composition de l'urine des oiseaux et des reptiles ; mais, comme nous l'avons dit, on ne doit pas oublier que ces animaux expulsent de leur corps les excréments et les urines préalablement mélangés dans le cloaque. D'après Fourcroy et Vauquelin, l'urine de l'autruche contient $\frac{1}{60}$ de son poids d'acide urique : Coindet a trouvé de l'urée dans l'urine des oiseaux carnivores, mais elle n'existe pas, suivant lui, dans celle des oiseaux phytophages où se rencontre du sururate d'ammoniaque. Chez les reptiles, on a également constaté la présence de l'acide urique ou de l'urée. Berzelius a trouvé l'urine de serpent, qui se concrète aussitôt après son émission, composée d'acide urique, de sururates de potasse, de soude et d'ammoniaque et d'un peu de phosphate de chaux ; suivant ce chimiste, l'urée n'y existe pas. J. Davy n'a reconnu que de l'urée, du chlorure de sodium et un peu de phosphate de chaux dans celle de la grenouille et du crapaud. D'après Magnus, l'urine de la tortue contient de l'acide urique et très peu d'urée. — Quant à la fiente des mollusques et à celle des insectes, elle renferme surtout de l'urate d'ammoniaque.

Après ce résumé de la composition habituelle des *fèces* et des *urines* de différents animaux, il nous faut mentionner celle des excrétions dont les surfaces respiratoire et cutanée sont le siége, et nous aurons ainsi groupé une série de faits pouvant concourir à éclairer, sous plus d'un rapport, la théorie des phénomènes nutritifs.

Dans une autre partie de cet ouvrage(*), nous avons établi que les animaux à respiration aérienne expulsent de leur corps, par les voies respiratoires, de l'*acide carbonique*, une certaine quantité d'*azote libre* et de l'*eau*. Les produits de la respiration aquatique ne sont différents qu'en ce qui concerne l'eau, dont la présence, en pareil cas, ne peut guère se constater à cause du milieu même où s'effectuent les actes respiratoires. Nous n'avons pas à revenir sur cet ordre de faits.

Quant aux matières éliminées par la surface tégumentaire externe, on sait que celle-ci n'a pas toujours une consistance qui permette une exhalation appréciable de matières à travers son tissu. Cependant, chez la plupart des animaux supérieurs, cette condition première se rencontre, et l'on voit que la peau est, avant tout, le siége d'une exhalation aqueuse à laquelle Lavoisier, qui la désigne sous le nom de *transpiration cutanée*, a assigné un rôle des plus importants : « La machine animale, dit-il (1), est gouvernée par trois régulateurs principaux : la *respiration*,

(*) Voir ci-dessus le chapitre RESPIRATION.

(1) *Mém. de l'Acad. des sciences de Paris*, année 1789, p. 580.

qui consomme de l'hydrogène et du carbone et qui fournit du calorique ; la *transpiration*, qui augmente ou diminue suivant qu'il est nécessaire d'emporter plus ou moins de calorique ; enfin la *digestion*, qui rend au sang ce qu'il perd par la respiration et la transpiration. » La transpiration cutanée ayant été étudiée précédemment, nous nous bornerons à rappeler ici que la quantité d'eau éliminée par cette voie est très variable, et qu'elle doit l'être, si le rôle attribué à la transpiration par Lavoisier est réellement celui qu'elle joue : car un phénomène physiologique, qui a pour but de modérer ou de régulariser d'autres phénomènes, doit nécessairement varier avec eux pour pouvoir établir une sorte d'équilibre.

Mais, indépendamment de l'exhalation produite à la surface de la peau, on y observe diverses sécrétions d'une importance plus ou moins grande, qui ont été signalées plus haut. La première de toutes est la *sueur*, que nous avons dit être composée d'une grande quantité d'eau contenant en dissolution ou en suspension de 0,5 à 2,2 pour 100 de principes solides. Sa composition, chez l'homme, d'après les analyses de P. Favre (1), est la suivante :

		Pour 10,000 *grammes.*
Eau		9955,733
Matières grasses		0,137
Urée		0,428
Lactates alcalins	3,171	
Sudorates alcalins	15,623	18,844
Albuminates alcalins	0,050	
Sulfates alcalins	0,115	
Chlorure de potassium	2,437	24,857
Chlorure de sodium	22,305	
Phosphates et débris d'épiderme		traces
		10007,999

Ainsi, la sueur renferme surtout, parmi les matières organiques, de l'*urée* et des combinaisons salines d'un acide particulier, l'*acide sudorique*, et, parmi les substances minérales, du *chlorure de sodium*. La composition de l'*acide sudorique* ou *hidrotique* est représentée par la notation $HO,C^{10}H^{8}AzO^{13}$; de sorte que c'est encore là une excrétion azotée qu'il faut ajouter à l'excrétion urinaire. — On se rappelle que la bile renferme aussi deux acides organiques azotés, l'*acide cholique* et l'*acide choléique*.

Il n'y a pas lieu de se préoccuper ici des autres sécrétions beaucoup moins abondantes que fournit la surface cutanée (matière sébacée, etc.) ; d'ailleurs la sueur, dont nous venons de rappeler l'analyse, en contient aussi les principes, et représente assez complétement l'ensemble des sécrétions éliminées par cette voie de l'économie. Mais il n'est pas sans intérêt de rappeler que la peau exhale, en outre, de l'*azote* et de l'*acide carbonique*, qui sont les produits d'une véritable respiration cutanée. — Ainsi se trouve complétée l'énumération des matières excrétées par la surface tégumentaire.

Nous avons donc maintenant parcouru la série des matériaux que le corps élimine par diverses voies pendant l'accomplissement de la nutrition : fèces, urine, produits rejetés par les poumons et par la peau, telles sont les principales matières dont il importait de rappeler ici la nature et la composition.

(1) *Mém. cit.*

Les matériaux nutritifs, avons-nous dit, ne sauraient se retrouver tous dans les produits éliminés, puisque l'assimilation en fixe une certaine quantité dans l'organisme pour constituer les tissus. Ce serait donc présenter un tableau incomplet des *résultats de la nutrition* et ne pas réunir tous les éléments nécessaires à la solution du problème qui nous occupe, que de négliger la composition des tissus animaux, dont la matière première est empruntée aux substances nutritives. Quant à la constitution de certains liquides que renferme l'organisme animal, nous n'avons pas à y revenir en ce moment, attendu qu'on ne saurait les regarder comme des produits définitifs de la nutrition. La *lymphe*, le *chyle* et le *sang*, transportent les produits intermédiaires dans lesquels se métamorphose la matière destinée à former les tissus ou à passer dans les excrétions ; ce n'est donc pas le lieu de fixer notre attention sur ces liquides organiques, desquels il sera question de nouveau et plus tard, à propos des transmutations des matériaux nutritifs. Chacun des liquides dont il s'agit a d'ailleurs été étudié en détail dans d'autres parties de cet ouvrage, auxquelles nous renverrons le lecteur quand il y aura lieu. — Pour l'instant, nous ne voulons que rappeler sommairement la constitution des tissus, celle de quelques matières solides qui s'y trouvent déposées, ou d'autres encore qui les imprègnent sous la forme liquide.

Les résultats qui ont été obtenus concernant la *composition des tissus*, s'accordent assez bien jusqu'à présent avec la classification adoptée par les anatomistes. Il s'agit, pour nous, d'examiner, au point de vue chimique, seulement les principaux de ces tissus.

Le *tissu musculaire* renferme d'abord, comme élément essentiel, des fibres propres; puis certains principes organiques qu'ailleurs nous avons déjà eu occasion de signaler : tels que la *créatine*, la *créatinine*, la *sarkine*, la *sarkosine*, l'*acide inosique*, l'*inosite ;* des portions d'autres éléments organiques (tissu cellulaire, graisse, vaisseaux sanguins et lymphatiques, nerfs); enfin des *lactates*, des *phosphates solubles*, etc.

La fibre musculaire a pour principe constitutif une substance que l'on a longtemps confondue avec la fibrine contenue dans le sang, que Liebig a le premier signalée comme une substance distincte, et que récemment on a désignée sous le nom de *musculine* (Robin et Verdeil) et de *syntonine* (Lehmann). — Un des traits distinctifs de la musculine s'observe dans la réaction de l'eau aiguisée d'un dixième d'acide chlorhydrique : ce liquide dissout assez rapidement la musculine, tandis que la fibrine du sang s'y gonfle et devient gélatineuse sans se dissoudre sensiblement. Les cendres de la première ne sont point ferrugineuses, tandis que celles de la seconde renferment du fer. La musculine est aussi réputée beaucoup plus nutritive que la fibrine du sang. A la musculine est jointe, dans les fibrilles musculaires, une autre substance nommée *sarcolemme*, ou membrane amorphe, lisse, qui enveloppe ces fibrilles et reste insoluble dans l'acide chlorhydrique étendu. Ces deux substances sont l'une et l'autre de nature azotée. La musculine a la même composition élémentaire que la fibrine du sang; quant au sarcolemme, il est d'une nature très voisine de celle des ligaments jaunes.

La *créatine* ($C^8H^{11}Az^3O^6$), la *sarkine* ($C^{10}H^4Az^4O^2$), la *sarkosine* ($C^6H^7AzO^4$), l'*acide inosique* ($C^{10}H^8Az^2O^{12}$), sont également des matières azotées; la *créatinine* n'est peut-être qu'un produit de laboratoire, mais sa formule $C^8H^7Az^3O^2$ y

annonce aussi la présence de l'azote. L'*inosite* ($C^{12}H^{12}O^{12}, 4HO$) est au contraire une matière sucrée isomère de la glycose. — Toutes ces substances font partie du liquide qui imprègne les fibres musculaires, et il en est de même des corps gras, parmi lesquels figure surtout l'*acide oléo-phosphorique*.

La créatine, la créatinine, l'acide inosique, etc., représentent, comme on le sait, un des premiers degrés des transformations éliminatoires des matières albuminoïdes.

Liebig (1) donne, comme il suit, d'après Playfair et Backmann, la composition élémentaire de la chair musculaire sèche du bœuf :

	PLAYFAIR.	BACKMANN.
Carbone	51,83	51,89
Hydrogène	7,57	7,59
Azote	15,01	15,05
Oxygène	21,37	21,24
Cendres	4,23	4,23

Si l'on rapproche de cette composition élémentaire celle de la fibrine animale ou végétale *purifiée*, on a :

Carbone	52,75
Hydrogène	6,99
Azote	16,57
Oxygène	23,69

Ces deux compositions, si l'on en défalque les cendres, sont représentées par la formule chimique $C^{48}H^{78}Az^{12}O^{15}$.

La *substance nerveuse*, grâce aux recherches de Fremy (2), est actuellement assez bien connue. Ce savant analyste lui a assigné, chez l'homme, la composition suivante :

Eau			88
Albumine			7
Matières grasses	Margarine		5
	Oléine		
	Cholestérine		
	Cérébrate	de soude	
	Oléophosphate	de soude	
	Oléate	de soude	
	Margarate	de soude	
			100

La substance nerveuse peut donc être regardée comme composée d'*eau*, d'*albumine*, de *matières grasses* et de *savons*. — L'*albumine*, une des principales matières azotées ou protéiques, isomère de la fibrine, nous est déjà connue ; sa proportion est évidemment très élevée dans la constitution de la substance nerveuse. — Les matières grasses neutres ou saponifiées ont également déjà fixé notre attention (*). La *margarine* a pour formule $C^{108}H^{104}O^{12}$; l'*oléine* offre une composition probablement identique; et la *cholestérine* peut se représenter ainsi : $C^{52}H^{44}O^2, 2HO$. — Quant aux acides gras combinés avec la soude, l'*acide margarique* ($C^{34}H^{34}O^4$) et l'*acide oléique* ont à peu près la même constitution. L'*acide oléo-phosphorique*, qui semble être une combinaison d'acide phosphorique et d'oléine, renferme 2 pour 100 de phosphore. Enfin l'*acide cérébrique* est un composé intermédiaire entre les véritables acides gras et les composés azotés qui ont la propriété de se combiner avec les bases; voici sa composition élémentaire :

(1) *Chim. organ. appliquée à la physiol. anim.*, trad. de Gerhardt, p. 335.
(2) *Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, t. IX, p. 703, et t. XI, p. 763.
(*) Voir ci-dessus, p. 47.

	FREMY.	THOMPSON.
Carbone	66,7	67,04
Hydrogène	10,6	10,85
Azote	2,3	2,24
Phosphore	0,9	0,46
Oxygène	19,5	19,41
	100,0	100,00

Ainsi la substance nerveuse renferme comme éléments chimiques (dans ses matières grasses et dans son albumine), du *carbone*, de l'*hydrogène*, de l'*oxygène*, de l'*azote* et du *phosphore* : à ces corps simples il faut joindre l'*eau* et une base minérale, la *soude*.

Le *tissu cellulaire* et ses diverses variétés présentent un caractère commun important à signaler : c'est l'aptitude à donner de la *gélatine* ($C^{12}H^{10}Az^2O^4$) par l'action prolongée de l'eau bouillante. Le derme cutané, la couche fibreuse des membranes muqueuses et séreuses, les aponévroses, les tendons, les ligaments, la *matière organique des os*, etc., donnent également naissance à ce produit. — Les *cartilages permanents*, la cornée de l'œil, etc., fournissent, au lieu de gélatine, un corps qui en diffère un peu et nommé *chondrine* ($C^{32}H^{26}Az^4O^{14}$).

De ces faits on a conclu que tous ces tissus, dérivés du tissu cellulaire, renferment des principes azotés identiques ou au moins très analogues, puisque l'eau bouillante les modifie toujours de la même manière. — Dans les *os*, on a décrit la matière azotée de laquelle provient la gélatine, et on l'a appelée *osséine*. Dans les membranes, la matière azotée, engendrant la gélatine, n'est pas encore connue, non plus que dans les tissus fibreux. On sait d'ailleurs que la gélatine, traitée par l'acide sulfurique et une longue ébullition, donne du *sucre de gélatine* ou *glycocolle* ($C^4H^5AzO^4$), que peuvent aussi engendrer (quand on les soumet à l'action de l'acide chlorhydrique) l'acide cholique, un des principes immédiats de la bile, et l'acide hippurique, une des matières composantes de l'urine des herbivores.

Les cendres des *os* sont abondantes et formées surtout de substances calcaires. On trouve en général, dans les os, deux tiers de leur poids de matière inorganique ainsi composée, d'après MARCHAND :

Phosphate de chaux	52,26
— de magnésie	1,05
Carbonate de chaux	10,21
Fluorure de calcium	1,00
Soude	0,92
Chlorure de sodium	0,25
Oxydes de fer, de manganèse	1,05
Matière organique ou vivante	33,26
	100,00

Les *cartilages* ne contiennent que 3 à 6 pour 100 de substances minérales : phosphates de chaux et de magnésie, carbonates alcalins, chlorures de sodium et sulfates.

Comme complément de cet exposé succinct de la constitution chimique des tissus élémentaires des animaux, il reste seulement à mentionner quelques autres parties organisées, comme l'*épiderme*, l'*épithélium*, les *poils*, les *plumes* et la *matière cornée*. La composition élémentaire est la même pour chacune de ces parties ; elle est surtout remarquable par une grande proportion d'azote :

	Ongles d'homme.	Corne de vache.	Cheveux et poils.	Plumes.
Carbone	51,09	50,94	50,0	52,42
Hydrogène	6,82	6,65	6,4	7,21
Azote	16,91	16,28	17,0	17,89
Oxygène / Soufre	25,18	26,13	26,6	22,48
	100,00	100,00	100,0	100,00 (1).

Dans leurs cendres, se rencontrent des oxydes de fer et de manganèse, du phosphate et du carbonate de chaux, et une assez forte proportion de silice qui paraît indispensable à la constitution de la matière des poils, des plumes et de la corne.

Le *tissu élastique*, que l'on observe dans les ligaments jaunes des arcs postérieurs des vertèbres, dans le ligament cervical postérieur, dans la tunique moyenne des artères, etc., ne donne pas de gélatine, comme le tissu fibreux ordinaire, par l'ébullition prolongée dans l'eau. Sa nature chimique est encore peu connue.

Outre la substance même de leurs tissus propres, on trouve dans les organes différents matériaux, dont les uns s'y déposent à l'état solide, et dont les autres les imprègnent sous la forme liquide. Ce sont principalement des *matières grasses*, quelques *substances hydrocarbonées*, ou bien des *matières colorantes*.

La *graisse* des animaux, produit non azoté, est renfermée dans de petites vésicules particulières formant le *tissu adipeux* (*) qui est distinct du tissu cellulaire. Elle est regardée comme constituée par de la *glycérine* ($C^6H^8O^6$) unie à des acides gras fixes (acides oléique, margarique, stéarique, etc.). Quant à sa composition élémentaire, la graisse animale renferme toujours du carbone, de l'oxygène, et de l'hydrogène en excès sur les proportions nécessaires pour former de l'eau.

Composition élémentaire de quelques graisses animales,
d'après CHEVREUL.

	Graisse humaine.	Graisse de porc.	Graisse de mouton.
Carbone	79,00	79,03	78,99
Hydrogène	11,42	11,42	11,70
Oxygène	9,58	9,55	9,31
	100,00	100,00	100,00

La *production de la graisse* est un des phénomènes les plus importants de la nutrition, et il nous faudra bientôt en étudier les conditions. Pour l'instant, nous avons voulu seulement rappeler la composition élémentaire et la nature chimique de la graisse, pour être à même de rechercher plus tard l'origine de ce principe parmi les matériaux nutritifs.

Quant aux *matières hydrocarbonées*, le *sucre*, en particulier, sera étudié plus loin, et d'une manière toute spéciale, au point de vue de la constitution de certains tissus et de son rôle dans l'économie. — Nous avons déjà parlé de l'*inosite*, matière sucrée dont les muscles sont imbibés, et qui n'a encore été rencontrée que dans la chair musculaire des animaux supérieurs. — Dans l'enveloppe tégumentaire de certains mollusques tuniciers, etc., on a signalé la présence d'une sub-

(1) MALAGUTI, *ouvr. cit.*, t. II, 2e édit., p. 733 et 735.

(*) De *adeps*, graisse.

stance (*cellulose*) dont la composition et les propriétés semblent identiques avec celles de la cellulose végétale.

Il y a là, sous le rapport de la présence de ces différentes matières hydrocarbonées dans les tissus des animaux, un problème physiologique curieux qui a été beaucoup étudié dans ces derniers temps, et dont la solution semble aujourd'hui assez précise. Nous y reviendrons plus loin.

« Les *matières colorantes* qui entrent dans la composition des liquides et des tissus, chez les animaux, sont à peu près inconnues sous le rapport chimique. » Tel est l'aveu que fait Lehmann (1) en commençant leur étude, et nous verrons qu'en effet il sera difficile de tenir, quant à présent, un grand compte de ces matières dans les actes de la nutrition.

Une des matières colorantes les plus dignes d'attention est l'*hématosine*, qu'on sait exister dans le sang; la *matière colorante de la bile* a été étudiée plus haut, à propos de ce fluide, mais on ne sait presque rien sur sa véritable nature; la *mélanine*, ou pigment noir qui existe à la face interne de la choroïde et dans divers points de l'organisme de certains animaux, qui paraît colorer la peau des nègres, etc., est à peu près dans le même cas; enfin nous en dirons autant des matières colorantes de l'urine. — Mais un fait qui paraît commun à toutes ces substances, c'est la présence du *fer* parmi leurs éléments; peut-être cela tient-il à ce qu'elles sont toutes des transformations de l'*hématosine*, substance azotée qui contient une quantité notable de ce métal, ainsi que nous l'a appris l'étude de la composition chimique du sang (*).

Notre ignorance au sujet des matières colorantes est un fait regrettable, mais qui néanmoins ne laissera pas, dans l'histoire de la nutrition, une lacune trop sensible, attendu que la proportion de ces matières, dans les tissus, est relativement très faible, et qu'ainsi elles ne peuvent prélever qu'une part bien restreinte des matériaux nutritifs.

Ainsi, l'assimilation produit, chez les animaux, un ensemble de parties solides toutes constituées par de la *matière azotée*, sous divers états : cette constitution commune aux tissus de l'organisme animal a une grande importance au point de vue de la mise en œuvre de certains matériaux de la nutrition. Le substratum, de nature azotée, qui forme la base des différents tissus, renferme en outre des *substances organiques non azotées*, parmi lesquelles figurent surtout des graisses de diverses natures et des matières hydrocarbonées.

Tel est le résultat sommaire et définitif de l'assimilation et de la combustion nutritive; tels sont les faits que doit chercher à interpréter la théorie qu'il nous faudra bientôt exposer. Cette *théorie* devra tendre à rétablir, aussi exactement que possible, la chaîne des phénomènes que l'observation directe ne peut complétement saisir. Nous avons d'abord constaté les conditions de l'introduction de matériaux variés dans l'économie à l'aide des diverses surfaces absorbantes; nous avons signalé ensuite la sortie d'un certain nombre de substances excrétées par plusieurs voies éliminatoires; nous avons constaté enfin la fixation d'autres éléments assimilés par le corps vivant. Comme toute matière introduite par l'absorption a dû être ou fixée ou éliminée, nous avons donc eu, en définitive,

(1) *Précis de chim. physiol. anim.*, trad. de Ch. Drion, p. 75.

(*) Voir ci-dessus, p. 185.

à passer en revue et les matériaux mis en œuvre et les produits qui en résultent. Mais quels phénomènes intermédiaires se sont accomplis et comment les produits définitifs reconnus ont pu dériver des matériaux employés, telle est la question qu'il faut aborder maintenant, et qui ne saurait être résolue qu'à l'aide d'une théorie satisfaisante des actes intimes de la nutrition.

§ III. — Des actes intimes de la nutrition.

En commençant l'étude générale de la nutrition, nous avons établi qu'il y avait lieu de distinguer l'*assimilation*, qui accroît ou entretient l'organisme, de la *combustion nutritive* qui, oxydant certains principes alimentaires avec l'oxygène atmosphérique, produit de la chaleur, de l'électricité, et constitue aussi une condition indispensable des manifestations des forces physiologiques ou de l'activité des organes. Il est évident que les différentes matières éliminées du corps (hormis les fèces) proviennent surtout de cette combustion nutritive, à tel point même qu'on pourrait être tenté de les lui rapporter exclusivement. Si l'on considère, en effet, un animal qui, tout en prenant des aliments selon ses besoins, ne varie pas de poids pendant un temps suffisamment prolongé, on est porté à croire que tous les matériaux venus du dehors s'échappent par les excrétions, et cela d'autant mieux que ces excrétions sont de nature à rendre probable une telle explication. Ce sont d'autres considérations qui amènent à concevoir que l'assimilation, ou production de matière vivante nouvelle, ne saurait s'annuler complétement chez un animal adulte soumis à la ration d'entretien ; que les organes ne peuvent fonctionner sans s'altérer, et que les altérations matérielles ou les déperditions qu'ils subissent doivent, d'une part, être réparées aux dépens de l'alimentation, et d'autre part, fournir aussi une portion des matériaux excrétés.

C'est dans les immortels écrits de Lavoisier que se trouvent les principes de toute théorie rationnelle de la nutrition.

Cinquante ans après la mort de ce grand homme, en terminant une leçon sur la *statique chimique des êtres organisés*, Dumas lui rendait cet hommage en proclamant qu'à son sens, toutes les opinions que lui-même venait d'émettre « n'étaient que les conséquences et les développements nécessaires de la grande voie que Lavoisier a tracée à la chimie moderne (1). »

Qu'il nous soit donc permis d'emprunter tout d'abord à Lavoisier des citations qui, en justifiant l'assertion précédente, feront comprendre tout ce que renfermait, pour l'avenir des sciences, ce génie si fatalement sacrifié. L'importance de ces citations, la hauteur de vue et la noble simplicité de style qu'on y trouve, nous excuseront de les avoir rapportées presque entières. D'ailleurs, ne sont-elles pas l'introduction la plus lumineuse aux études de la physiologie moderne sur les *actes intimes de la nutrition* et sur les conditions normales de leur accomplissement ?

Voici comment Lavoisier terminait, en 1789, son mémoire sur la respiration des animaux (2) : « Tant que nous n'avons considéré dans la respiration que la seule consommation de l'air, le sort du riche et celui du pauvre était le même ;

(1) Dumas et Boussingault, *Essai de statique chimique des êtres organisés*, 2e édit. Paris, 1842, p. 47.
(2) *Mém. de l'Acad. des sciences de Paris*, 1789, p. 578.

car l'air appartient également à tous et ne coûte rien à personne. L'homme de peine, qui travaille davantage, jouit même plus complétement de ce bienfait de la nature. Mais, maintenant que l'expérience nous apprend que la respiration est une véritable combustion qui consume à chaque instant une portion de la substance même de l'individu ; que cette consommation est d'autant plus grande que la circulation et la respiration sont plus accélérées, qu'elle augmente à proportion que l'individu mène une vie plus laborieuse et plus active, une foule de considérations morales naissent comme d'elles-mêmes de ces résultats de la physique... »

Ici Lavoisier, se reportant aux idées qui fermentaient alors autour de lui, met en opposition l'abondance inutile dont jouit l'homme riche inactif, avec les besoins plus étendus et les ressources trop restreintes du pauvre qui travaille ; il accueille avec bonheur l'espoir d'institutions sociales plus équitables que la philosophie et l'humanité semblent promettre à l'avenir, tout en émettant le vœu, singulièrement touchant dans sa bouche, que l'exagération, l'enthousiasme irréfléchi des masses et l'entraînement des passions humaines ne détruisent pas l'espérance de la patrie. Puis il continue en ces termes :

« L'ordre physique, assujetti à des lois immuables, arrivé dès longtemps à un état d'équilibre que rien ne peut déranger, n'est point sujet à ces mouvements tumultueux que présente quelquefois l'ordre moral. C'est une chose vraiment admirable que ce résultat de forces continuellement variables et continuellement en équilibre, qui s'observent à chaque pas dans l'économie animale, et qui permettent à l'individu de se prêter à toutes les circonstances où le hasard le place. — L'homme, à cet égard, a été plus favorisé par la nature qu'aucun des autres animaux : il vit également dans toutes les températures et dans tous les climats ; son tempérament se prête au mouvement et au repos, à l'abstinence comme aux excès de nourriture ; presque tous les aliments lui sont bons, soit qu'ils soient succulents, soit qu'ils ne le soient pas ; soit qu'ils appartiennent à un régime organique ou à un autre.

» Se trouve-t-il dans un climat froid ? D'un côté, l'air étant plus dense, il s'en décompose une plus grande quantité dans le poumon ; plus de calorique se dégage et va réparer la perte qu'occasionne le refroidissement extérieur. D'un autre côté, la transpiration diminue, il se fait moins d'évaporation, donc moins de refroidissement. — Le même individu passe-t-il dans une température beaucoup plus chaude ? L'air est plus raréfié, il ne s'en décompose plus une aussi grande quantité ; moins de calorique se dégage dans le poumon ; une transpiration abondante qui s'établit enlève tout l'excédant du calorique que fournit la respiration : et c'est ainsi que s'établit cette température à peu près constante de 32 degrés (thermomètre de Réaumur), que plusieurs quadrupèdes et que l'homme particulièrement conservent dans quelque circonstance qu'ils se trouvent.

» Il existe de semblables compensations qui permettent à l'homme de passer successivement, suivant ses besoins et sa volonté, d'une vie active à une vie tranquille. Se tient-il dans un état d'inaction et de repos ? La circulation est lente ainsi que la respiration ; il consomme moins d'air, il exhale par le poumon moins de carbone et d'hydrogène, et conséquemment il a besoin de moins de nourriture. Est-il obligé de se livrer à des travaux pénibles ? La respiration s'accélère ; il consomme plus d'air ; il perd plus d'hydrogène et de carbone, et conséquemment il a besoin de réparer plus souvent et davantage par la *nutrition*.

» En rapprochant ces réflexions des résultats qui les ont précédées, on voit que la machine animale est gouvernée par trois régulateurs principaux : la *respiration*,

qui consomme de l'hydrogène et du carbone et qui fournit du calorique; la *transpiration*, qui augmente ou diminue suivant qu'il est nécessaire d'emporter plus ou moins de calorique; enfin, la *digestion*, qui rend au sang ce qu'il perd par la respiration et la transpiration. — L'intensité de l'action de ces trois agents peut varier dans des limites assez étendues; mais il est des bornes au delà desquelles les compensations ne peuvent plus avoir lieu, et c'est alors que commence l'état de maladie... Dans la course, dans la danse, dans tous les exercices violents, quelque accélération qu'éprouvent la respiration et la circulation, quelque accroissement que prenne la consommation d'air, de carbone et d'hydrogène, l'équilibre de l'économie animale n'est pas troublé, tant que les aliments, plus ou moins digérés, qui sont presque toujours en réserve dans l'étendue du canal intestinal, fournissent aux pertes: mais si *la dépense* qui se fait par le poumon est supérieure à *la recette* qui se fait par la nutrition, le sang se dépouille de plus en plus d'hydrogène et de carbone; et telle est la cause, sans doute, d'un grand nombre de maladies. Dans ces cas, l'animal est averti du danger qu'il court, par la lassitude, par l'épuisement et par la perte de ses forces; il sent le besoin de rétablir l'équilibre dans l'économie par la nourriture et par le repos.....

» L'effet contraire doit arriver, soit par le défaut absolu de tout mouvement et de tout exercice, soit par l'usage de certains aliments, soit enfin par un vice des organes de la nutrition ou de ceux de la respiration. La digestion, dans ces différents cas, introduisant dans le sang plus de substance que la respiration n'en peut consommer, il doit s'établir dans la masse du sang un excès de carbone ou un excès d'hydrogène, ou de l'un et de l'autre à la fois. La nature lutte alors contre cette altération des humeurs; elle presse la circulation par la fièvre; elle s'efforce de réparer, par une respiration accélérée, le désordre qui trouble sa marche; souvent elle y parvient, sans aucun secours étranger, et alors l'animal recouvre la santé. Dans le cas contraire, il succombe, à moins que la nature ne trouve d'autres moyens de rétablir l'équilibre..... On conçoit, d'après ces simples aperçus, comment l'art du médecin consiste souvent à laisser la nature aux prises avec elle-même; comment, par la diète seule, il est possible de changer la qualité du sang: en effet, alors la respiration consommant toujours, et la digestion ne fournissant plus, le sang doit alors se dépouiller de plus en plus de carbone et d'hydrogène. On conçoit encore comment une diète trop austère et trop longtemps continuée pourrait changer, à la longue, la nature de la maladie..... Enfin on conçoit comment les altérations survenues à l'air qui nous environne, peuvent être la cause de maladies endémiques, des fièvres d'hôpitaux et de prisons; comment le grand air, une respiration plus libre, un changement de genre de vie, sont souvent, pour ces dernières maladies, le remède le plus efficace. »

Pour faire mieux connaître toute l'étendue des vues de Lavoisier, dès cette époque, touchant les phénomènes qui nous occupent, nous croyons encore devoir reproduire quelques passages d'un programme de prix proposé par l'Académie des sciences pour l'année 1794. Ce programme, publié en 1789, n'a évidemment pu être rédigé que par Lavoisier lui-même, et il semble que, depuis lors, les physiologistes et les chimistes se soient donné pour mission d'y répondre.

« Les végétaux, y est-il dit (1), puisent dans l'air qui les environne, dans

(1) *Mém. de l'Acad. des sciences de Paris*, 1789, p. 24.

l'eau et en général dans le règne minéral, les matériaux nécessaires à leur organisation. — Les animaux se nourrissent ou de végétaux ou d'autres animaux, qui ont été eux-mêmes nourris de végétaux; en sorte que les matériaux dont les animaux sont formés, sont toujours, en dernier résultat, tirés de l'air ou du règne minéral. — Enfin, la *fermentation*, la *putréfaction* et la *combustion* rendent continuellement à l'air de l'atmosphère et au règne minéral les principes que les végétaux et les animaux en ont empruntés.

» Par quels procédés la nature opère-t-elle cette circulation entre les trois règnes?

» Comment parvient-elle à former des substances fermentescibles, combustibles et putrescibles avec des matériaux qui n'avaient aucune de ces propriétés?.....

» C'est dans toute l'étendue du canal intestinal que s'opère le premier degré de l'animalisation, ou la conversion des matières végétales en matières animales. Les aliments reçoivent une première altération dans la bouche, par le mélange avec la salive ; ils en reçoivent une seconde dans l'estomac par leur mélange avec le suc gastrique ; ils en reçoivent une troisième par le mélange avec la bile et le suc pancréatique. Convertis ensuite en chyle, une partie passe dans le sang pour réparer les pertes qui s'opèrent continuellement par la respiration et la transpiration ; enfin la nature rejette, sous la forme d'excrétions, tous les matériaux dont elle n'a pu faire emploi. — Une circonstance remarquable, c'est que les animaux qui sont dans l'état de santé, et qui ont pris toute leur croissance, reviennent constamment, chaque jour, au même point qu'ils avaient la veille, dans des circonstances semblables; en sorte qu'une somme de matière égale à ce qui est reçu dans le canal intestinal se consume et se dépense, soit par la transpiration, soit par la respiration, soit enfin par les différentes excrétions.....

» Il est facile de prévoir, ajoute l'auteur de ce programme, qu'avec la sécrétion de la bile, le foie remplit un système de fonctions dont la science n'a point encore embrassé l'ensemble..... L'Académie, en proposant notamment ce sujet, espère qu'un pareil travail obligera ceux qui s'y livreront à déterminer la nature du sang de la veine porte, à la comparer à celle du sang artériel et veineux des autres régions, à suivre cette importante comparaison dans le fœtus qui n'a point ou qui n'a que peu respiré, dans les animaux à sang froid, etc. »

Qui pourrait nous reprocher la longueur des citations qui précèdent? Ces pages, écrites en 1789, ont-elles vieilli d'une heure ? Ne sont-elles pas encore le résumé le plus lumineux des connaissances acquises sur les actes nutritifs après soixante et dix années, et sauf la sécrétion urinaire, qui paraît n'avoir pas fixé suffisamment l'attention de Lavoisier, peut-être parce que sa nature chimique était imparfaitement connue à cette époque, quel autre point important du problème de la nutrition des animaux ce grand observateur a-t-il omis d'entrevoir ou de signaler?

Berzelius, Boussingault, Dumas, Liebig, Lehmann, etc., ont surtout contribué à remplir glorieusement le précédent programme, et par là répondu à l'appel que le génie adressait à l'avenir.

I. — Le premier problème qui se présente, dans l'étude des actes intimes de la nutrition, est relatif à l'*emploi des aliments*, ou du moins de la portion de ces aliments qui est introduite dans l'organisme par l'absorption.

Ayant déjà signalé (p. 1016) les premiers changements que doivent subir les divers aliments d'origine organique, pour devenir absorbables et miscibles au sang, il nous reste à faire connaître la destination physiologique et les métamorphoses ultérieures de ces aliments, métamorphoses et destination d'ailleurs si différentes suivant la nature des éléments qu'ils sont appelés à introduire dans l'économie.

En traçant l'histoire de la digestion, nous avons rappelé que, les aliments minéraux étant mis un moment de côté, les aliments organiques peuvent être rapportés à deux groupes : d'une part, les matières albuminoïdes, qui représentent à elles seules les *aliments azotés ;* d'autre part, les matières grasses et les matières féculentes ou sucrées qui constituent le groupe des *aliments non azotés.* — Examinons actuellement quel rôle spécial remplit chacun de ces groupes, dans le travail intime de la nutrition.

Tous les tissus de l'économie animale sont essentiellement formés par des matières organiques composées de carbone, d'hydrogène, d'oxygène et d'azote ; les principes constitutifs du sang, fluide dans lequel ces tissus puisent leurs matériaux de développement ou d'entretien, sont également des matières azotées. Liebig (1) a donc pu, avec raison, poser en principe « que, toute matière *sanguifiable* et *assimilable* aux organes des animaux doit renfermer de l'*azote*, et ne saurait provenir de substances alimentaires grasses, saccharines ou amyloïdes. » Ces dernières, caractérisées par l'absence de l'azote, paraissent ne pouvoir être utilisées que dans la combustion respiratoire. Aussi Liebig, au point de vue de leur emploi dans la nutrition, a-t-il proposé de partager les aliments : 1° en *aliments plastiques*, comprenant la fibrine, l'albumine, la caséine et les autres principes immédiats azotés de provenance animale ou végétale ; 2° en *aliments respiratoires*, comprenant les graisses, l'amidon, les sucres, la pectine, la bassorine, la bière, le vin, les liqueurs alcooliques, etc.

Destinés surtout à la réparation ou au développement des organes de l'économie, les *aliments* dits *plastiques* se combinent aussi, plus ou moins lentement, avec l'*oxygène* atmosphérique pour donner naissance à une certaine quantité d'eau, d'acide carbonique, d'acide urique, d'urée, etc. ; mais, tout en s'oxydant en plus ou moins grande proportion, ils ne doivent pas disparaître promptement par la combustion, et sont réputés ne concourir, dans les circonstances ordinaires, que pour une assez faible part à l'entretien des actes chimiques de la respiration et à la production de la chaleur animale. Il n'en est plus de même des *aliments* appelés *respiratoires*, qui, au contraire, afin de prendre la plus grande part à la respiration et à la calorification, s'unissent rapidement à l'oxygène, et se consument en donnant naissance à de l'eau, à de l'acide carbonique et à un important dégagement de chaleur. — L'excès de ces derniers aliments, qui échappe à la combustion, est excrété avec les fèces, parfois avec les urines, ou bien, après transformation, il est utilisé, ne fût-ce qu'à titre de dépôt (graisse), par l'organisme animal.

Il ne faudrait pas néanmoins accorder une valeur trop absolue à cette distinction entre les *aliments plastiques* et les *aliments respiratoires ;* elle n'est fondée que d'une manière générale. En effet, l'animal, longtemps privé d'une nourriture suffisante, continue à absorber de l'oxygène, et diminue de poids parce qu'il brûle

(1) *Lettres sur la chimie*, p. 228, trad. franç.

successivement d'abord ses graisses, puis son sang et ses propres tissus; de telle sorte que même des substances azotées qui avaient fait partie de sa trame organique fournissent des matériaux à l'oxygène de la respiration, et accidentellement deviennent aliments respiratoires. Au contraire, chez un animal adulte ayant achevé sa croissance, et qui néanmoins augmente de poids, c'est-à-dire qui *engraisse*, une certaine quantité des aliments dits *respiratoires* se dépose, nous venons de le voir, à l'état de graisse, dans la plupart des tissus. — La raison de ces faits paraît simple : si une matière non azotée ne peut constituer les tissus mêmes des organes et ne saurait qu'être employée à la combustion respiratoire ou mise en dépôt pour y subvenir plus tard, une matière azotée peut, au contraire, en vertu même de sa composition, être en partie brûlée et en partie assimilée aux tissus. On se rendra surtout nettement compte de ces faits si l'on envisage, à la manière de Liebig, la nutrition chez un carnivore. Supposons, dit-il, un animal qui se nourrisse exclusivement de la substance d'autres animaux : l'aliment qu'il ingère s'éloigne aussi peu que possible de sa propre substance, car ce sont aussi de la chair et du sang. Dans ce régime alimentaire, tout est sanguifiable, si l'on en excepte les ongles, les poils, les os. Au bout d'un certain temps, c'est-à-dire après l'entier accomplissement de la digestion, le carnivore a repris son poids primitif, de telle sorte qu'à ce moment il a perdu, par ses diverses excrétions, autant qu'il avait acquis d'abord par l'alimentation. Or, parmi ces excrétions, figurent l'acide carbonique et l'eau exhalés par les surfaces respiratoires ; la combustion respiratoire a donc eu lieu, et elle n'a *guère* pu employer que des matières azotées, puisque la substance même de l'animal et ses aliments en sont presque exclusivement formés. La quantité d'azote sortie par les voies aériennes est trop faible pour la quantité de matière azotée que supposent le carbone et l'hydrogène consommés ; mais les fèces et surtout les urines renferment une telle proportion d'azote, qu'évidemment cet élément chimique est spécialement rejeté par ces excrétions. Il semble donc très probable qu'en pareil cas les matières azotées ne viennent pas, de toutes pièces, s'offrir à l'oxygène atmosphérique introduit par l'organe respiratoire, mais qu'elles sont préalablement dédoublées en une matière carbonée qui se consume dans la respiration, et en une matière spécialement azotée qui s'en va par l'excrétion urinaire. — Mais, si l'alimentation exclusivement animale peut bien suffire aux besoins d'un carnassier adulte, elle paraît incapable de satisfaire aux besoins plus étendus d'un jeune animal de cette espèce qui se développe. Dans ce dernier, en effet, la combustion nutritive ne saurait employer à elle seule les aliments azotés qui prédominent dans ce régime, il faut qu'une partie notable de ces mêmes aliments soit réservée pour l'assimilation et prenne place dans les tissus eux-mêmes. Aussi voit-on les jeunes carnivores, durant leur premier âge, puiser dans la mamelle de leur mère un liquide, le *lait*, qui, comme celui des herbivores, contient, à côté de la matière azotée, du *sucre de lait* et du *beurre*, deux aliments respiratoires par excellence. Grâce à ces derniers principes, l'assimilation peut s'approprier à peu près en totalité la matière azotée qui seule est propre au développement des organes.

Faisons observer néanmoins, en terminant cet aperçu touchant le régime du *carnivore*, qu'en supposant un tel animal ne vivant que de chair musculaire ou même de sang, une pareille alimentation ne saurait encore être regardée comme exclusivement azotée : n'avons-nous pas vu précédemment que la plupart des tissus animaux renferment des *matières grasses*, et qu'en outre des *matières amyloïdes*

ou leurs dérivés (dextrine, inosite, etc.) se trouvent dans les liquides qui pénètrent la substance musculaire chez les animaux supérieurs ?

L'*animal herbivore* (et par ce mot nous entendons désigner tout animal pendant qu'il se nourrit de substance végétale) présente une nutrition qui, de prime abord, peut paraître moins simple dans ses procédés : avec de la matière végétale il fait de la matière animale ; aussi serait-on porté à regarder en effet l'assimilation comme beaucoup plus difficile chez lui que chez le carnivore, si la chimie n'avait démontré que l'albumine, la fibrine, la caséine végétales ont la même composition et les mêmes propriétés que l'albumine, la fibrine et la caséine animales. La véritable différence importante est dans la faible proportion de matières azotées que renferment, sous un volume donné, les aliments des herbivores, relativement à la quantité de matières grasses et surtout de matières hydrocarbonées. Évidemment ici les aliments respiratoires sont en telle abondance, que les aliments plastiques doivent, dans les circonstances habituelles ou normales, ne prendre, pour ainsi dire, part qu'à l'assimilation qui développe ou entretient les tissus.

Rappelons, en passant, que le carnassier, qui se nourrit d'espèces herbivores qu'il recherche de préférence comme une proie plus facile et d'ailleurs plus abondante, représente, dans un poids donné de sa chair, la portion assimilée d'un poids plus considérable de chair d'herbivore, puisqu'une portion de celle-ci a été brûlée dans la respiration de l'animal carnassier lui-même ; ajoutons que ce poids de chair d'herbivore, à son tour, n'est que la portion assimilée d'une masse plus pesante encore de matière végétale dont l'autre portion a été brûlée par l'herbivore. On est ainsi amené à conclure que la chair du carnassier est celle qui coûte le plus à produire. Cette simple remarque nous révèle, à travers les mystères de la nutrition des animaux, une des causes principales de la rareté des espèces carnivores comparativement aux espèces herbivores d'une même contrée. Mais les herbivores ne sont pas seulement plus nombreux que les carnassiers, ils ont encore, surtout parmi les mammifères, une taille généralement beaucoup plus élevée, la masse de leur corps est plus considérable, leur aptitude à l'engraissement beaucoup plus grande. Et il fallait bien qu'il en fût ainsi : car si le règne végétal constitue le magasin alimentaire dans lequel puisent incessamment les herbivores, ceux-ci, à leur tour, sont les dépositaires de la substance animalisée ou de l'aliment propre aux carnivores. Du reste, nous le savons déjà, plantes, animaux herbivores ou carnassiers, sont formés de matériaux tirés, en dernier résultat, du sol et de l'atmosphère, grands réservoirs et milieux intarissables d'où tout provient, où tout retourne.

Après ces vues d'ensemble sur la destination physiologique des *aliments azotés*, il faudrait pouvoir déterminer la série des transformations successives que doivent subir les principes réparateurs qui y sont contenus (albumine, fibrine, caséine, etc.) pour passer à l'état de matière nutritive ou *assimilable*. Malheureusement la science ne possède à ce sujet que des données insuffisantes et encore bien incertaines ; elle n'est guère plus avancée que dans cet autre problème qui consiste à rechercher comment chaque partie organique peut *choisir*, dans les matériaux de nutrition, ce qui convient à sa nature et à sa destination particulières, pour se l'assimiler : ce dernier acte reste encore, en grande partie, le secret de la vie.

Quand on considère que, pendant l'incubation de l'œuf, l'*albumine* paraît se

transformer en fibrine et donner naissance, avec le concours de l'oxygène atmosphérique, à toutes les substances azotées de l'organisation animale rudimentaire, et qu'après cette époque l'albumine semble être encore comme la source et la base de toute la série de tissus particuliers qui sont le siége des activités organiques, il ne faut pas trop s'étonner qu'aux yeux d'un certain nombre d'observateurs, la digestion ait paru avoir pour essence de réduire tout en albumine, de transformer en ce principe tous les aliments, y compris ceux qui n'en contiennent pas la moindre trace avant de subir l'influence digestive. Nous avons dit ailleurs (*), à propos de l'examen de cette opinion, où est l'exagération, où est l'erreur. — Toujours est-il que, dans l'œuf des ovipares, la *fibrine* procède évidemment de l'albumine, alors seule existante, et qu'elle ne paraît être qu'un premier degré d'oxydation de cette dernière. La tendance naturelle de la fibrine à la coagulation ou à la formation solide a sans doute déterminé beaucoup de physiologistes à regarder ce principe azoté comme jouant, à son tour, le principal rôle dans les phénomènes de développement et de rénovation des tissus, où, par un mouvement qui ne s'interrompt qu'à la mort, on voit les fluides se solidifier et les solides se fluidifier sans cesse.

Nous venons de dire que, pendant l'incubation de l'œuf, l'albumine, qui existe seule dans l'origine, paraît se transformer en fibrine avec le concours de l'oxygène atmosphérique, et donner naissance à toutes les parties azotées de l'organisme. Mais il importe aussi de faire observer que, à une certaine époque de l'existence des jeunes mammifères, pareil rôle (celui de fournir à leurs tissus les éléments nécessaires pour s'accroître) semble revenir surtout à la *caséine*, qui, par sa nature azotée, serait ainsi appelée à remplir, dans la nutrition, une mission considérable et parallèle à celle de l'albumine. Mais la caséine elle-même, sauf une proportion moindre de soufre, renferme les mêmes éléments que l'albumine ou la fibrine, et à peu près dans les mêmes proportions. Aussi, très probablement la caséine tire-t-elle ses matériaux de formation de l'albumine du sang, sans qu'on puisse positivement décider si elle se forme seulement dans les glandes mammaires, ou si elle prend naissance déjà dans le sang lui-même : rappelons d'ailleurs qu'il suffit d'ajouter un peu d'alcali libre à l'albumine pour lui faire acquérir les caractères de la caséine. Réciproquement, ce principe azoté du lait, qui en représente l'élément nutritif principal, devra, à son tour, fournir au jeune animal les parties essentielles de son sang, et constituer nécessairement la matière première aux dépens de laquelle vont se développer ses divers organes ; car ni le beurre, ni le sucre de lait ne renferment d'azote (**), et l'on sait qu'il est généralement reconnu que l'azote de l'atmosphère ne trouve pas d'emploi dans le développement organique des animaux.

Le substratum des différents tissus animaux paraît procéder en définitive de l'albumine : l'identité presque parfaite de la composition de ce principe avec celle de la fibrine et de la caséine, identité sur laquelle Liebig a particulièrement insisté, explique comment, dans l'économie, ces substances peuvent et doivent passer, avec la plus grande facilité, de l'une à l'autre, et conséquemment, après des

(*) Voir ci-dessus le chapitre DIGESTION.

(**) D'après LEHMANN, on ne rencontrerait l'*albumine* dans le lait qu'à la suite des affections inflammatoires des glandes mammaires. — Toutefois, comme l'ont surtout démontré les recherches de DOYÈRE, elle existe, en *faible proportion*, comme principe normal de ce liquide.

métamorphoses plus ou moins profondes, concourir simultanément à l'accroissement ou à la rénovation des tissus.

Quoi qu'il en soit de la suprématie à accorder à tel ou tel de ces principes dans le rôle dont il s'agit, nous résumerons ce qui concerne l'*emploi des aliments azotés* dans le travail intime de la nutrition, en nous bornant à rappeler que les matières albuminoïdes ou azotées neutres, qui constituent cette classe d'aliments, éprouvent, dans le sang d'abord et de la part de l'oxygène qui y est contenu, puis dans les tissus eux-mêmes aux dépens de ce gaz exhalé avec le plasma, des degrés d'oxydation plus ou moins avancée ou une série de transformations chimiques variées, en vertu desquelles ces matières finissent par passer de l'état organique à l'état inorganique. — La créatine, la créatinine, l'acide inosique, la sarkine et la sarkosine, dans les *muscles ;* la leucine dans le *sang ;* l'urée, l'acide urique, l'acide hippurique, la cystine, la xanthine, etc., dans l'*urine ;* les acides cholique et choléique dans la *bile ;* l'acide sudorique ou hidrotique dans la *sueur ;* enfin l'eau et l'acide carbonique sont autant de produits (quelques-uns intermédiaires, mais la plupart définitifs) des métamorphoses des *principes alimentaires azotés*, sous l'influence oxydante de l'oxygène atmosphérique. Rappelons aussi que les animaux exhalent normalement une certaine proportion d'azote, et que, par conséquent, cet élément gazeux peut aussi s'échapper de l'économie à l'état libre.

II. — Examinons actuellement la manière dont les *aliments non azotés* ou *respiratoires* se comportent dans l'économie animale pour servir surtout à la combustion nutritive. Il suffit de se reporter à la composition chimique des parties solides et des humeurs, pour constater que les matières hydrocarbonées (saccharines ou amyloïdes) y sont bien moins abondantes que les matières grasses. En effet, il n'existe presque point de tissus animaux qui ne contiennent de la graisse, tandis qu'on en signale seulement un certain nombre dans la constitution desquels entrent des substances amyloïdes ou hydro-carbonées (*). Il paraît donc évident que les matières hydrocarbonées, qui sont des plus combustibles, se consument ou bien *se transforment* avec une grande facilité dans l'organisme des animaux. Les carnivores, il est vrai, en ingèrent une quantité si faible, que cette remarque a, pour ce qui les concerne, un faible intérêt ; mais les omnivores et les herbivores brûlent avant tout des substances de cette nature. — On sait qu'en certaines occasions les choses se passent d'une manière analogue dans les plantes : le végétal chargé de bourgeons possède, en divers points de son organisme, des dépôts de matière féculente ou hydrocarbonée qui entrent dans la séve à l'état de *sucre*, et se consument pendant le développement des nouvelles parties (comme aussi pendant la floraison), en produisant de l'eau, de l'acide carbonique et de la chaleur.

Comme la graisse animale ne provient pas exclusivement des matières grasses ingérées avec les aliments, et comme les substances amyloïdes elles-mêmes, en se modifiant dans l'organisme, sont aptes aussi à en produire, on a pu avancer que c'est surtout sous la forme de graisse que ces substances hydrocarbonées restent dissimulées dans le corps des animaux. Cependant, ainsi que nous l'avons dit et

(*) Il y a quelque incertitude pour savoir si l'on doit mettre la *dextrine* et la *glycose* au nombre des matières qui entrent dans la composition permanente du *sang*, attendu que la dextrine (Sanson) et surtout la glycose paraissent y être promptement détruites, sans doute par l'oxygène contenu dans ce liquide.

comme nous le prouverons tout à l'heure, il est manifeste que plusieurs tissus empruntent à l'alimentation une certaine quantité de matière amyloïde qu'ils gardent en eux, sans la transformer au moins immédiatement (*zoamyline*). Mais, sauf la petite quantité qu'en peut réclamer la constitution de ces tissus, les principes hydrocarbonés sont destinés principalement à être brûlés par l'oxygène atmosphérique et à dégager de la chaleur, pour s'échapper ensuite sous la forme d'acide carbonique et d'eau. Toutefois, rappelons encore que, si l'alimentation renferme un excès de matières amyloïdes ou sucrées, cet excès pourra être converti en graisse qui se déposera dans les tissus ; que si, au contraire, ces combustibles par excellence font défaut ou sont en trop faible proportion, la graisse formée sera reprise çà et là dans l'économie pour se consumer à leur place ; et qu'enfin, si cette réserve elle-même devient insuffisante, les matières azotées pourront prendre, à leur tour, le rôle des précédentes substances.

Quoi qu'il en soit, le dernier terme de la combustion des matières grasses ou des matières sucrées, nous le répétons, est représenté par de l'acide carbonique et de l'eau qui sont éliminés spécialement par les reins, la peau et les poumons. Ces produits ultimes proviennent du foyer où s'engendre la chaleur indispensable au jeu des organes comme aux transmutations qui s'accomplissent dans le corps des animaux. En exposant la théorie de la respiration, nous avons dit que le lieu où s'effectue la combustion respiratoire ne saurait être précisé : les combustibles sont dans le sang, l'oxygène s'y trouve également ; l'oxydation ou combustion lente a sans doute lieu dans tout le parcours du torrent circulatoire, et, de préférence, dans les capillaires généraux au moment de la transformation du sang rouge en sang noir. — Les matières hydrocarbonées et les matières grasses ne sauraient d'ailleurs, à cause de l'introduction incessante de l'oxygène par les voies respiratoires, s'accumuler dans le sang, et, en effet, on ne les y trouve habituellement qu'en faible proportion. C'est dans ce fluide qu'avant d'arriver à l'état d'eau et d'acide carbonique, elles se bornent à subir leurs transformations successives, du moins chez les animaux qui n'augmentent ni ne diminuent en poids ; car évidemment ces transformations ne restent pas limitées au milieu dont il s'agit chez les animaux qui *engraissent*.

Le fait de l'existence, dans l'économie animale, de principes constituants des tissus, ayant la même composition élémentaire que ceux des tissus végétaux, conduit naturellement à rechercher si les matières féculentes et sucrées, qui font partie de l'alimentation, ne jouent pas encore un autre rôle que celui qu'on a coutume de leur attribuer, en les désignant sous le nom d'*aliments combustibles* ou *respiratoires* (*).

On avait remarqué, depuis longtemps, que tout aliment complet (le lait, les œufs, les graines de végétaux, etc.) renferme, indépendamment de l'eau et des sels minéraux, des principes immédiats *albuminoïdes*, *gras*, *féculents* ou *sucrés*. Ces mêmes principes se retrouvent tous dans le sang ; et l'on sait maintenant que les trois espèces concourent, dans des proportions variables, à la constitution de différents tissus (épithélium, cartilages, muscles, parenchyme hépatique, tissu conjonctif des *insectes*, des *tuniciers*, etc.). — Il paraît impossible de ne pas voir

(*) Consultez, à ce sujet, l'intéressant mémoire de CH. ROUGET, intitulé : *Des substances amyloïdes et de leur rôle dans la constitution des tissus des animaux* (*Journal de la physiologie de l'homme et des animaux*, 1859).

entre ces faits fondamentaux une corrélation intime, le sang empruntant aux aliments et rendant aux tissus les substances azotées, grasses ou amyloïdes, nécessaires à l'entretien de l'organisme.

S'il est établi que certaines substances alimentaires puissent passer d'un groupe dans un autre, que le sucre et les fécules, par exemple, puissent, comme il vient d'être dit, se transformer en matières grasses, il est douteux que les substances protéiques ou albuminoïdes soient dans le même cas. Ce ne sont, en quelque sorte, que les matériaux de réserve qui sont soumis à ces transformations; rien ne porte d'ailleurs à penser qu'elles aient lieu régulièrement et nécessairement, et qu'après une série de dédoublements, de décompositions, les principes immédiats se reforment de toutes pièces pour faire partie intégrante des tissus. Il paraît, au contraire, qu'en général dans les animaux tout se borne à des modifications de la nature de celles que l'on observe dans les corps dits isomériques ou dans les dérivés d'un même radical : l'albumine végétale, l'albumine de l'œuf, la fibrine des muscles, la légumine, etc., deviennent de l'albuminose, de l'albumine du sérum, et celle-ci, à son tour, se métamorphose en substance contractile, en substance donnant de la gélatine ou de la chondrine, en globuline, en hémato-cristalline, etc., toutes substances protéiques du même groupe que l'albumine.

En est-il de même des substances amyloïdes? A l'époque où l'attention était uniquement concentrée sur la *formation du sucre par le foie*, on s'efforçait d'établir que ce phénomène était absolument indépendant de la nature de l'alimentation ; que le sucre pouvait et devait prendre naissance dans le foie aux dépens de substances protéiques, par un mode analogue à celui de la transformation de l'hématosine en sucre, transformation obtenue par Lehmann à l'aide de l'acide nitrique. Les matières féculentes, entrées comme *sucre* (glycose) dans la veine porte et arrivées sous cet état dans le foie, étaient, disait-on encore, détruites dans cet organe et changées en une autre matière qui avait toute l'apparence d'une substance graisseuse émulsionnée par un principe protéique spécial. — L'hypothèse de ces transformations, basée à peu près uniquement sur des formules théoriques, fut bientôt contredite par les faits. Cl. Bernard montra lui-même que le sucre se formait, non pas par la destruction d'un principe azoté, mais par une espèce de fermentation d'une *matière glycogène* préexistant dans le foie ; le sang fournissait le *ferment*, et tout se passait, en somme, comme dans les végétaux où la fécule se transforme en sucre au contact de la *diastase* développée dans des cellules voisines de celles qui renferment les grains amylacés. La difficulté n'était pourtant que reculée, car on persistait à soutenir, pour la matière glycogène, ce qu'on avait dit d'abord pour le sucre, c'est-à-dire qu'elle prenait naissance aux dépens de substances protéiques ; opinion basée sur l'existence de cette matière chez les animaux uniquement nourris de viande.

Mais, même en admettant que, dans ce cas, la matière glycogène ait pour origine les substances protéiques de la chair musculaire, est-il exact de prétendre que, dans le cas où l'alimentation introduit dans l'économie des fécules ou du sucre, il n'y ait aucune relation entre ces substances alimentaires et la matière glycogène des tissus, et en particulier du tissu hépatique? Ch. Rouget (1) a montré que cette manière de voir est en contradiction avec l'interprétation exacte

(1) *Mém. cit.*

des résultats obtenus même par Cl. Bernard (1) : « La décoction du foie d'un chien nourri exclusivement de matières albuminoïdes est parfaitement limpide ; la décoction du foie d'un chien nourri avec une bouillie de fécule est au contraire trouble, opaline, ayant une apparence laiteuse. » — Cette apparence, Cl. Bernard la croyait due à la présence d'une *matière chyleuse*, d'une substance caséeuse mêlée de graisse. « Dans les fèces d'animaux qui n'ont pas été nourris avec une alimentation fortement sucrée ou féculente, ajoute-t-il, on n'obtient que de faibles proportions de cette substance caséeuse susceptible de céder de la matière grasse. » Cette prétendue *matière chyleuse*, cette substance caséeuse mêlée de graisse n'était autre chose que la *matière glycogène* dont, à cette époque, Cl. Bernard ne connaissait pas encore l'existence et les caractères (*). — Un autre expérimentateur a d'ailleurs montré l'influence directe d'une alimentation végétale sur le développement de la matière glycogène du foie : il résulte, en effet, de plusieurs séries d'expériences de W. Pavy (2), que, tandis que, chez des chiens nourris exclusivement de viande, la proportion moyenne d'*hépatine* (il désigne sous ce nom la matière glycogène contenue dans le foie) n'était que de 6,97 pour 100, cette proportion s'élevait à 17,23 pour 100 chez d'autres chiens nourris de pommes de terre bouillies, de farine d'orge ou de pain, et qu'elle se maintenait à 14,5 pour 100, lorsqu'à la nourriture animale on ajoutait une forte proportion de sucre.

En présence de ces derniers faits, il n'est guère permis de douter que les substances glycogènes des aliments ne soient la principale, sinon l'unique source des principes amyloïdes des tissus, de même que les aliments azotés sont, comme on le reconnaît généralement, la source des composés protéiques de l'économie.

Comparant les phénomènes de la nutrition chez les végétaux et les animaux, Ch. Rouget voit une parfaite analogie dans les différentes phases de la transformation des substances amyloïdes dans les deux cas. La cellulose, qui se forme pendant l'accroissement de la plante, provient de la séve ; celle ci contient du sucre, de la gomme, etc., et la proportion de ces substances est plus considérable à l'époque où la végétation est plus active : dans une plante qui germe, comme nous en avons déjà fait la remarque, la fécule de la graine ou du tubercule se transforme en sucre, et celui-ci se métamorphose à son tour en enveloppes de cellulose, ou en grains de fécule remplissant les cellules nouvellement formées de la jeune plante. De même chez les animaux, la fécule des aliments se change en sucre qui passe dans le sang, et c'est aux dépens de ce sucre que, par un effet régressif, se forment les principes amyloïdes des tissus eux-mêmes. — Chez les mammifères herbivores, le sang qui arrive au placenta contient du sucre en notable proportion, et c'est surtout chez eux que les tissus de l'embryon sont riches en principe amyloïde ou *zoamyline* (**). Chez les vertébrés ovipares, l'al-

(1) *Leçons cit.*, t. I, p. 149 et 159.

(*) Cette *matière chyleuse* était obtenue d'une décoction du foie, de laquelle on la précipitait par l'alcool ou par l'acide acétique cristallisable. On sait aujourd'hui, que le précipité obtenu dans ces conditions n'est autre que la *matière glycogène* impure, mêlée de graisse et de sucre.

(2) *The Influence of Diet on the Liver*, London (extrait de GUY's *Hospit. Reports*, 1859.)

(**) W. PROUT (cité par BERZELIUS, *Traité de chimie*, trad. franç. Paris, 1833, t. VII, p. 567), ayant analysé l'eau de l'amnios d'une vache dans les premiers temps de la gestation, y trouva du *sucre de lait* et des *lactates*. — « La présence du sucre de lait dans ce liquide, dit BERZELIUS, est très remarquable sous le point de vue physiologique, et l'exactitude bien connue de PROUT est un garant qu'on ne doit pas la considérer comme une observation précipitée. — On pourrait en

bumine et le jaune de l'œuf renferment du sucre ; mais ce sucre n'est pas en très forte proportion, aussi les tissus des embryons d'ovipares contiennent-ils beaucoup moins de matière glycogène que ceux des embryons de mammifères.

Il resterait à expliquer la formation de la matière glycogène chez les animaux exclusivement carnivores. A cet égard, de même qu'on s'était efforcé de trouver du *sucre* dans le sang et dans la viande des animaux de boucherie, de même aussi on a cherché à établir que la chair des animaux qui servent à la nourriture des carnivores contient une *matière glycogène ;* et il faut reconnaître que, si tous les résultats annoncés par A. Sanson (1) n'ont pas été confirmés, il n'est pas moins résulté de ses recherches ce fait important, accepté et vérifié par d'autres observateurs : c'est que, chez les animaux dont l'alimentation est riche en fécule, celle-ci peut passer dans le sang et être retrouvée dans les muscles *à l'état de dextrine.* — Ce fait exige une nouvelle vérification de toutes les expériences antérieures dans lesquelles on n'avait recherché que le *sucre* (glycose), seul produit de la transformation des fécules dont on connût alors l'absorption directe par les vaisseaux de l'intestin.

Il existe encore un autre ordre de faits qui tendrait à prouver que les animaux, exclusivement nourris de viande (chair musculaire), ne sont pas entièrement privés de substances glycogènes. Les muscles des fœtus et ceux des mammifères nouveau-nés renferment une quantité notable de plasma amylacé, qui semble disparaître quelques heures après la naissance. Mais dans certaines conditions, chez l'adulte, de la substance glycogène reparaît dans le tissu musculaire, pendant l'hibernation, par exemple, ou bien aussi dans les muscles d'un membre condamné au repos absolu par la section de ses nerfs moteurs : il semble qu'alors la présence de cette matière devienne sensible parce que, n'étant pas dépensée, elle s'accumule ; tandis que, dans les conditions ordinaires d'activité, elle est transformée, presque aussitôt qu'elle apparaît, par la nutrition des éléments musculaires. — Ce qui vient à l'appui de cette opinion de Ch. Rouget, qu'une substance amylacée prend part à la constitution du tissu musculaire, et se détruit à mesure que les éléments de ce tissu fonctionnent, c'est la présence, dans le suc extrait des muscles, de l'*inosite* et surtout de l'*acide lactique.* L'existence de ces principes se rattache si directement à celle d'une substance amylacée, que c'est en constatant que l'acide lactique se développait abondamment dans le tissu musculaire des fœtus que Cl. Bernard fut conduit à découvrir, dans ce tissu, le sucre d'abord et plus tard la matière glycogène. — Dans les derniers temps de la vie utérine, la substance amyloïde des muscles du fœtus ne donne plus lieu qu'à la fermentation lactique. Or, on trouve cet acide dans les muscles chez l'adulte ; aussi est-il d'autant plus naturel d'en conclure la préexistence d'une matière identique avec celle qui, chez le fœtus, donne lieu à la formation du même acide, que cette substance peut être directement constatée, chez l'adulte, dans les conditions spéciales que nous venons de mentionner plus haut.

Ainsi l'acte de la nutrition paraît se borner à fixer, en les modifiant très légèrement, dans les *tissus amyloïdes*, les substances de même nom introduites dans le

déduire, ajoute BERZELIUS, comme conséquence vraisemblable, que les principes constituants de l'eau de l'amnios sont destinés à être absorbés par le fœtus et à servir à son développement, puisque les mêmes substances se trouvent aussi dans le lait. »

(1) *Journal de la physiologie de l'homme et des animaux*, t. I, p. 244, 1858, et t. II, p. 104, 1859). — Même recueil, *Rapport de* POGGIALE *sur le travail de* SANSON, p. 549-59.

sang par l'alimentation. — Si la transformation du sucre en matières glycogènes est le premier terme de l'acte nutritif, la *production du sucre*, aux dépens de ces mêmes matières, *paraît être le dernier terme de la nutrition des précédents tissus.*

Tous les faits relatifs à la présence du sucre chez le fœtus, à la présence de cette substance dans le foie de l'adulte, s'adaptent naturellement et simplement à cette manière de voir. Que le sucre se produise aux dépens de la matière glycogène de l'amnios, de celle du poumon, de la dextrine des muscles, ou bien aux dépens de la matière glycogène du foie, et au contact du sang, c'est bien évidemment, dans tous ces cas, un phénomène de même nature : ce n'est jamais le résultat d'une fonction spéciale de tel ou tel organe, c'est le dernier terme d'un acte d'ailleurs commun à tous les tissus de l'économie, la *nutrition*.

Dans les conditions tout à fait normales, la nutrition du foie introduit dans le sang qui sort de cet organe des quantités *très faibles* de matières sucrées, ainsi qu'il semble résulter des expériences de W. Pavy (1). Mais la circulation hépatique vient-elle à être troublée, soit par un obstacle à la respiration, soit par compression du foie, soit par une irritation directe ou réflexe de ses nerfs vaso-moteurs (Schiff), aussitôt la congestion ou l'hypérémie du foie est suivie d'un accroissement plus ou moins exagéré de l'activité nutritive, (*irritation nutritive* de Virchow) ; le sucre apparaît en quantité plus ou moins considérable dans le sang des veines sus-hépatiques, et, ne pouvant pas être détruit dans le sang si sa proportion dépasse 3 pour 100 (Lehmann), il passe dans les urines. — La production d'un diabète artificiel par l'introduction de substances irritantes (éther, chloroforme, térébenthine) dans le sang de la veine porte, est un des faits qui concordent le mieux avec cette manière de voir. — Quant à l'influence de l'irritation des pneumogastriques, de la piqûre du plancher du quatrième ventricule sur la production du sucre par le foie, Bernard lui-même ramène toutes ces actions à un effet commun (2), à l'excitation réflexe des nerfs vasculaires du foie et à la congestion active des vaisseaux hépatiques qui en est la conséquence : afflux sanguin plus abondant dans cet organe, activité plus grande de la nutrition, augmentation dans la production du sucre, ce sont là trois termes évidemment corrélatifs. — La piqûre de la moelle au-dessous des nerfs phréniques ralentit la circulation abdominale, les vaisseaux du foie sont moins pleins de sang, la température s'abaisse, la nutrition se ralentit, le sucre disparaît.

En résumé, certains tissus animaux possèdent, comme élément constituant, une substance amyloïde : dans l'acte d'échange des matières, acte essentiel de la nutrition, ces tissus, après s'être approprié d'abord (à l'état de substances glycogènes ou amyloïdes) le sucre ou la dextrine introduits dans le sang par l'alimentation, rendent à ce fluide, directement ou par l'intermédiaire des lymphatiques (*), du *sucre*, produit de désassimilation formé ou plutôt reformé dans l'organisme. La production de sucre n'est pas le but, mais seulement la conséquence de la présence de matières amyloïdes dans certains tissus organiques : elle résulte de la

(1) *On the alleged Sugar forming Function of the Liver* (GUY'S *Hospital Reports*, 1859).

(2) *Mém. de la Société de biologie*, 1857, p. 6.

(*) POISEUILLE et LEFORT ont trouvé dans la lymphe une proportion de sucre plus considérable même que dans le sang artériel (*Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, 5 avril 1858).

désassimilation de ces matières comme l'*urée* résulte de la désassimilation des substances protéiques ou albuminoïdes.

A côté des matières amyloïdes et des matières grasses de l'alimentation, dont l'emploi a évidemment pour principal but l'entretien des phénomènes chimiques de la respiration et la production de la chaleur animale, doit aussi figurer l'*alcool* qui fait la base des boissons fermentées. On sait que le pouvoir calorifique d'un principe organique ternaire (corps gras, sucres, alcool, etc.) dépend de la quantité et de la nature des éléments combustibles que, sous un poids donné, ce principe introduit dans l'organisme. Précédemment, à propos de la composition élémentaire des matières grasses comparée à celle des matières amyloïdes et sucrées, nous rappelions que le pouvoir calorifique des premières était triple de celui des secondes. L'*alcool*, qui est un des principaux composés auxquels la *fermentation du sucre* donne naissance, possède, d'après sa composition, un pouvoir calorifique intermédiaire à celui des principes immédiats ternaires contenus dans chacun des deux groupes précédents. — Du reste, l'alcool, sauf une proportion indéterminée qui s'échappe en vapeur par les voies aériennes, est détruit en totalité par l'oxygène dans le torrent circulatoire; il est aussi définitivement amené à l'état minéral et exhalé sous la forme ultime d'acide carbonique et d'eau.

Il se passe des heures, d'après la remarque de Liebig, avant que l'amidon du pain, qui se dissout dans le tube digestif sous forme de glycose, passe dans le sang et y trouve de l'emploi. L'effet de la graisse est encore plus lent, mais aussi, à la vérité, il persiste plus longtemps. De tous les aliments respiratoires, l'alcool est celui qui agit avec le plus de promptitude, sinon avec le plus d'intensité; comme aliment de cette sorte, il occupe donc un rang important. Aussi son ingestion peut-elle compenser, jusqu'à un certain point, l'usage des matières amylacées et des matières grasses. L'homme qui vit exclusivement du produit de sa chasse, comme l'Indien du nord de l'Amérique, prend une nourriture renfermant un excès d'aliments plastiques et à laquelle il manque en grande partie les aliments respiratoires indispensables (bien souvent, en effet, pendant la saison d'hiver, la chair des animaux tués à la chasse contient à peine de la graisse); de là, chez ces hommes carnivores, une propension particulière à boire de l'eau-de-vie qui, pour ceux qui en sont privés, se remplace par l'usage de l'huile de poisson.

On sait qu'en effet, dans leur alimentation, les peuples des régions polaires consomment une grande quantité de graisses (huile de poisson surtout); celles-ci sont nécessaires à l'activité de la combustion respiratoire qui doit entretenir la chaleur du corps dans ces climats glacés. Seulement, chez les habitants de ces contrées, vu l'énorme proportion de matières grasses absorbées en nature, ces matières ne sont pas entièrement employées par la respiration, et une partie s'en conserve dans l'organisme sous forme de dépôts adipeux; aussi, la plupart de ceux qui suivent un pareil régime sont-ils remarquables par un grand embonpoint.

Si l'on connaît la destination physiologique des matières grasses et des matières sucrées comme principale source de la chaleur animale, on est loin de savoir d'une manière précise quelles sont toutes les phases intermédiaires de l'oxydation de ces deux ordres de matières avant leur transformation définitive en eau et en acide carbonique. Toutefois, pour les matières amyloïdes, en particulier, il est assez généralement admis qu'après s'être d'abord convertis en *dextrine* et en

glycose, elles peuvent donner naissance, dans l'intestin grêle, à de l'*acide lactique* et à de l'*acide acétique*, puis à de l'*acide butyrique*, avec dégagement d'hydrogène et d'acide carbonique qui se rencontrent parmi les produits gazeux de l'intestin. Or, l'acide lactique, formé dans le tube digestif aux dépens de la glycose, a été regardé, pendant qu'il maintient l'acidité des milieux, comme propre à favoriser la continuation des métamorphoses des aliments albuminoïdes, en même temps que, par ses propriétés dissolvantes, il faciliterait l'absorption du contenu de l'intestin. — Quant aux conditions intimes de l'organisme qui seraient nécessaires à la transformation ultime de la glycose en *eau* et en *acide carbonique*, on a avancé, sans preuves suffisantes, que c'est par l'intervention des alcalis du sang que la glycose se décompose, s'oxyde, brûle et devient un véritable aliment respiratoire.

Pour terminer ce qui nous reste à dire de l'*emploi des aliments*, il nous faudrait examiner certains principes inorganiques dont le rôle, dans la nutrition, est assez important pour leur avoir mérité le nom d'*aliments minéraux*.

Mais, auparavant, nous croyons devoir traiter la question de l'*engraissement*, qui d'ailleurs se rattache intimement aux précédentes études sur la destination physiologique des matières amyloïdes et des matières grasses de l'alimentation. La propriété que les principes amyloïdes et sucrés ont de *se transformer en graisse* sous l'influence de la vie, et les recherches qui consistent à déterminer les dédoublements en vertu desquels cette transformation s'opère chez des sujets d'ailleurs bien nourris, sont un but d'études aussi intéressantes pour les spéculations du physiologiste qu'elles sont fécondes en utiles applications pratiques.

III. — Tous les êtres vivants ont la propriété remarquable de tenir en réserve des matériaux destinés à subvenir aux besoins de la combustion nutritive alors que celle-ci voit diminuer ses ressources ou augmenter exceptionnellement son intensité.

Dans les plantes, ce sont les substances amyloïdes et sucrées qui jouent surtout un pareil rôle ; souvent aussi les matières grasses leur sont adjointes dans la même prévision et pour le même but. De là ces amas parfois si abondants de fécule, de matière sucrée, ou d'huiles d'espèces diverses qu'on observe dans les fruits, les graines, les bourgeons, les tiges ou les racines. — Chez les animaux, ce sont à peu près exclusivement les matières grasses qui forment les matériaux de réserve dont nous parlons, soit qu'elles aient été ingérées avec les aliments, soit qu'elles résultent d'une transformation des hydrates de carbone (sucre ou amidon) : on les voit alors s'accumuler, sous la forme de dépôts solides, dans de petites vésicules constituant le tissu adipeux, notamment sous la peau, sous le péritoine, dans les espaces intermusculaires, les cavités des os longs, etc., où elles représentent en effet une véritable réserve de matières combustibles qu'emploie l'organisme toutes les fois qu'il s'agit de compenser une alimentation insuffisante et d'établir ainsi une sorte de balance. Cette mise en œuvre des dépôts adipeux s'observe particulièrement chez les animaux soumis à un jeûne prolongé, soit dans les expériences des physiologistes, soit par suite des maladies ou bien chez diverses espèces (animaux hibernants), pendant certaines périodes de leur vie.

En traitant de la *faim* et de la *soif*, nous avons déjà signalé les phénomènes que provoque l'alimentation insuffisante ou l'inanition absolue, et, parmi eux, figure une

perte de graisse bien plus considérable que celle qu'éprouve toute autre partie constituante de l'organisme (*). Qui n'a été frappé de l'amaigrissement si rapide des malades en proie à des affections rendant toute alimentation impossible, ou de l'amaigrissement progressif de ceux dont une sécrétion de pus abondante épuise les ressources que réclamerait la combustion nutritive? Est-il aussi besoin de rappeler que les animaux hibernants, les chrysalides des insectes se préparent à subir leur période de jeûne en accumulant de la graisse, et que, quand une marmotte, par exemple, se réveille après l'hiver, ou quand un papillon sort de sa chrysalide, la plus grande partie de cette graisse est consommée, qu'elle a été brûlée lentement pendant la période d'inanition ?

Le rôle des matières grasses mises en réserve dans l'organisme animal ne paraît donc pas douteux ; mais les conditions qui président à leur production et à leur accumulation demandent à être examinées en détail.

Le corps des animaux renferme toujours une certaine quantité de graisse, et plusieurs points de l'organisme, qui varient selon les espèces, semblent spécialement destinés à en recevoir le dépôt. Durant le premier âge, cette quantité est d'autant plus abondante que l'animal est plus jeune ; réduite à une moindre proportion dans l'âge adulte, elle se maintient à peu près constante dans les conditions ordinaires ; puis, quand arrive la vieillesse, la graisse se consomme peu à peu et les animaux que l'âge fait succomber offrent, en général, un état d'amaigrissement notable. Sans être amaigris, comme les sujets que la maladie a épuisés, les animaux sauvages (notamment les carnivores) ne possèdent que peu de graisse et n'en accumulent jamais en grande quantité : leur respiration, accélérée par l'activité de leur libre existence, maintient l'équilibre à cet égard. Quant aux animaux domestiques, on sait combien il est en général facile de provoquer leur *engraissement*, à la condition de les priver de mouvement, de les tenir dans un milieu tempéré et de leur fournir une alimentation abondante ; mais le retour au travail ou à une libre activité ne tarde pas à les ramener à leur état primitif. L'influence prolongée du repos et des autres causes d'embonpoint peut même produire, chez eux, un engraissement excessif, comme cela se voit surtout chez certains porcs, moutons ou bœufs. L'homme offre quelquefois la même particularité ; chez lui, l'obésité (abstraction faite d'ailleurs des prédispositions individuelles) est aussi assez communément le résultat d'un repos exagéré et d'une alimentation abondante.

Ces faits ont amené Liebig (1) à conclure que la production de la graisse, chez les animaux, est la conséquence d'une disproportion entre la quantité des aliments consommés et la quantité de l'oxygène absorbé par la peau et le poumon. Dans les conditions normales, la graisse mise en réserve dans l'organisme demeure intacte, ou bien la portion consommée pour compléter les matériaux combustibles nécessaires à la production de la chaleur est rapidement remplacée par l'alimentation. Lorsque l'engraissement a lieu, non-seulement rien n'est prélevé sur le dépôt de matières grasses déjà existant, mais encore de nouvelles quantités s'y ajoutent, qui forment un excédant sur la portion des aliments consommée par l'oxydation ou employée par l'assimilation. — Il est remarquable que l'engraissement a lieu difficilement sous l'influence d'un régime exclusivement animal : le carnivore mange moins que l'herbivore, trouve dans ses aliments moins

(*) Voir ci-dessus le chapitre DIGESTION, p. 29.

(1) *Chimie organique appliquée à la physiologie animale*, p. 90, trad. franç.

de matières non azotées, et ce n'est guère qu'en le soumettant à un régime mixte qu'on le peut engraisser. Mais rien n'égale la facilité avec laquelle les herbivores se prêtent à un engraissement rapide dans des conditions favorables de repos et de température : chez eux, il n'y a pas de repas distincts ; ils mangent d'une manière continue, circonstance qui contribue évidemment à leur assurer cette aptitude singulière. Ainsi, là où l'engraissement se fait le mieux, on constate une copieuse alimentation, et surtout l'abondance des matières grasses ou des matières hydrocarbonées qui caractérise le régime végétal. L'expérience a même enseigné aux nourrisseurs que l'introduction dans l'alimentation des tourteaux de colzas, des graines ou des fruits riches en huile, favorise singulièrement l'engraissement (1). Comme d'ailleurs les physiologistes ont reconnu que les matières grasses se retrouvent en nature dans le chyle, puis dans le sang lui-même (du moins pendant la période digestive), on a été amené à penser que la graisse qui s'accumule chez les animaux est celle que contiennent leurs aliments, sauf de légères transformations. En poursuivant les conséquences de cette opinion, on arriverait à conclure, si elle était exacte, que toute la graisse animale proviendrait, en dernier résultat, des graisses végétales renfermées dans la nourriture des herbivores. — Une pareille opinion méritait d'être examinée, et en effet elle souleva, il y a près de vingt années, une discussion qui ne fut pas sans quelque retentissement.

Au commencement de l'année 1843, Boussingault, Dumas et Payen (2) communiquaient à l'Académie des sciences de Paris un mémoire intitulé : *Recherches sur l'engraissement des bestiaux et la formation du lait*, mémoire dans lequel, dès le début, se trouve formulée l'opinion qui précède. « Tous les animaux, y est-il dit, toutes les plantes, contiennent de la matière grasse ; en la voyant s'accumuler dans certains de leurs tissus, en la voyant se modifier et disparaître parfois, la première pensée de tous les observateurs a dû pencher vers cette opinion, généralement admise, que les matières grasses se produisent au moyen des aliments de la plante ou de l'animal, et par des procédés analogues sans doute dans les deux règnes. Les recherches dont nous allons exposer le précis tendent au contraire à établir que *les matières grasses ne se forment que dans les plantes, qu'elles passent toutes formées dans les animaux*, et que là elles peuvent se brûler immédiatement pour développer la chaleur dont l'animal a besoin, ou se fixer, plus ou moins modifiées, dans les tissus, pour servir de réserve à la respiration. »

Les éminents auteurs de ces recherches s'attachaient ensuite à démontrer : 1° qu'*au point de vue chimique*, jusqu'à eux, aucune réaction n'avait transformé en un corps gras, ni la chair, et en général les matières albuminoïdes, ni l'amidon et ses congénères ; 2° qu'*au point de vue physiologique*, chez les carnivores ou les herbivores, la graisse des aliments suffisait pour expliquer l'origine de toute la matière adipeuse que l'on trouve chez ces animaux. — « Dans cette opinion, dit Payen (3), au nom de ses deux collaborateurs, les matières grasses se formeraient principalement dans les feuilles des plantes, et elles y affecteraient la forme et les propriétés des matières cireuses. En passant dans le corps des herbivores, ces matières, forcées de subir dans leur sang l'influence de l'oxygène, y éprouveraient un commencement d'oxydation, d'où résulterait l'*acide stéarique* ou *oléique* qu'on rencontre dans le suif. En subissant une seconde éla-

(1) BOUSSINGAULT, *Économie rurale*, t. II, p. 571, 2e édit.
(2) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XVI, p. 345.
(3) *Loc. cit.*

boration dans les carnivores, ces mêmes matières, oxydées de nouveau, produiraient l'*acide margarique* qui caractérise leur graisse. Enfin ces divers principes, par une oxydation encore plus avancée, pourraient donner naissance aux *acides gras volatils* qui apparaissent dans le sang et dans la sueur..... tels que les acides caproïque, caprique, hircique et butyrique. »

Telles sont les bases de la théorie qui concerne la formation de la graisse des animaux aux dépens des matières grasses contenues dans les plantes ; et la possibilité d'une semblable théorie est établie chimiquement. Mais un autre phénomène avait été également démontré possible par Dumas lui-même. Le sucre peut être considéré comme formé d'acide carbonique (CO^2), de gaz oléfiant (C^4H^4) et d'eau (HO) ; le gaz oléfiant, en se séparant du sucre, en prenant divers degrés de condensation et en fixant de l'eau, donne naissance à de l'alcool ordinaire, à de l'huile de pomme de terre, qui est bien un produit de la fermentation du sucre, et à divers autres alcools. L'oxydation peut transformer ces produits en acides gras, et par suite en graisses ; de telle sorte que l'on est en droit d'attribuer une autre origine à une portion au moins des graisses animales, c'est-à-dire qu'*on peut les supposer dérivées des matières hydrocarbonées* de l'alimentation. — Entre ces deux possibilités l'expérimentation devait prononcer, et c'est par elle en effet que la question a été résolue.

A l'appui de la dernière de ces opinions, viennent d'abord des expériences de F. Huber (1), qui ont pris dans ce débat une place importante. Ce scrupuleux observateur avait reconnu, bien avant la discussion dont il s'agit, que *les abeilles* nourries avec du miel, *et même exclusivement avec du sucre, possèdent la propriété de fournir de la cire pendant longtemps.* Il regardait donc comme certain que les abeilles forment de la cire, c'est-à-dire une matière grasse, avec un aliment tel que le sucre. — Dumas, Boussingault et Payen reprochaient à cette expérience de Huber de ne pas faire connaître combien, sous l'influence de ce régime, les abeilles avaient perdu de leur poids ; car, suivant eux, ces insectes formeraient, en pareil cas, leur cire aux dépens de leur propre substance, c'est-à-dire aux dépens des autres matières grasses qu'ils possèdent en eux-mêmes.

Ces mêmes observateurs critiquaient aussi des résultats obtenus par Liebig, résultats qui l'avaient conduit aux mêmes idées que Huber, en ce qui concerne la transformation des hydrates de carbone en graisse. Liebig avait dit (2) : « Une oie maigre, pesant 2 kilogrammes, augmente de 2kil.,50 dans l'espace de trente-six jours, pendant lesquels on lui donne, pour l'engraisser, 12 kilogrammes de maïs ; au bout de ce temps on peut en extraire 1kil.,75 de graisse. Il est évident que la graisse ne s'est pas trouvée toute formée dans la nourriture, car celle-ci ne renferme pas $\frac{1}{100}$ de graisse ou de matières semblables. » — Dumas tirait des mêmes faits une conclusion tout opposée, attendu que, suivant lui et ses collaborateurs, le maïs contient 9 pour 100 de matière grasse, et « qu'ainsi, en mangeant 12 kilogrammes de maïs, une oie mange 1kil.,25 de matières grasses. Il n'est pas étonnant, ajoute-t-il, qu'elle en puisse fournir 1kil.,75, en tenant compte de celle qu'elle contenait déjà. » — Ainsi se trouvait ouvert un débat du plus haut intérêt, et qui devait bientôt profiter aux sciences physiologiques en dévoilant la vérité.

Alors en opposition avec Huber et Liebig, dont ils devaient plus tard adopter la

(1) *Nouvelles observations sur les abeilles*. Paris, 1796, in-12.
(2) *Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, t. XV, p. 792.

manière de voir, Dumas, Boussingault et Payen terminaient leur travail par ces conclusions qu'ils croyaient découler de leurs propres expériences :

« Le foin renferme plus de matières grasses que le lait qu'il sert à former, et il en est de même des autres régimes auxquels on soumet les vaches ou les ânesses ; — les tourteaux de graines oléagineuses augmentent la production du beurre, mais parfois le rendent plus liquide et peuvent lui donner le goût d'huile de graines, lorsque cet aliment entre en trop forte quantité dans la ration ; — le maïs jouit d'un pouvoir engraissant déterminé par l'huile abondante qu'il renferme ; — il existe la plus parfaite analogie entre la production du lait et l'engraissement des animaux, ainsi que l'avaient pressenti les éleveurs ; — la pomme de terre, la betterave, la carotte, n'engraissent qu'autant qu'on les associe à des produits renfermant des corps gras, comme les pailles, les graines des céréales, le son et les tourteaux de graines oléagineuses ; — à poids égal, le gluten mêlé de fécule, et la viande riche en graisse, produisent un engraissement qui, pour le porc, diffère dans le rapport de 1 à 2. »

Liebig (1) s'éleva aussitôt à son tour contre ces conclusions, en contestant la possibilité de la transformation de la cire en acide gras, et alléguant en outre que, dans les excréments d'une vache depuis longtemps nourrie de foin et de pommes de terre, il avait retrouvé à peu près toute la matière grasse ou cireuse contenue dans les aliments. Discutées et réfutées en partie par Dumas, ces idées furent défendues par leur auteur à l'aide de nouvelles recherches (2) où il convient de distinguer deux ordres de questions : d'une part, l'étude chimique de la transformation des corps gras et de leur production aux dépens des matières hydrocarbonées; d'une autre part, l'étude physiologique et en même temps agricole des rapports qui se révèlent entre le poids des graisses absorbées dans l'alimentation et la quantité de graisse fixée dans le corps des animaux soumis à l'engraissement. Ce dernier ordre de question doit nous préoccuper avant tout, et d'ailleurs il prime complétement l'autre ; car il s'agit de savoir, non pas ce qui est chimiquement possible, mais ce qui se passe réellement lorsqu'un animal acquiert de la graisse.

A cette même époque, dans un mémoire sur la digestion et l'assimilation des corps gras, Bouchardat et Sandras (3) établissaient que l'huile d'amandes douces, le suif de mouton ou la graisse de porc, contenus dans les aliments, se retrouvent en nature dans le chyle; mais que la cire, prise isolément, se retrouve presque tout entière dans les excréments, tandis qu'accompagnée d'un autre principe gras tel que l'huile, elle est beaucoup mieux absorbée. Ils ajoutaient que, du reste, quel que fût le mode d'alimentation, la quantité de graisse renfermée dans le sang ne variait que d'une manière peu sensible, mais que la nature de cette graisse était souvent en rapport avec celle du principe gras ingéré comme aliment ; que, d'autre part, l'acide stéarique, encore reconnaissable dans le sang des carnivores nourris avec du suif, s'y transforme en acide margarique, et qu'en général les corps gras passent par une série d'oxydations successives. — En résumé, ces recherches tendaient à confirmer la manière de voir défendue par Dumas, Boussingault et Payen.

Cependant Milne Edwards et Dumas (4) avaient entrepris de contrôler les expé-

(1) *Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, t. XVI, p. 553.
(2) *Rec. cit.*, t. XVI, p. 558, 568, 663.
(3) *Rec. cit.*, t. XVI, p. 1450, et t. XVII, p. 296.
(4) *Rec. cit.*, t. XVII, p. 531.

riences de Huber, en les complétant par l'observation des pertes de poids que subissent les abeilles pendant la durée du régime auquel on les soumet, et par l'analyse chimique des matières alimentaires et aussi des produits que donnent ces insectes. Ce contrôle sévère, dans lequel l'un des expérimentateurs apportait l'opinion nettement formulée que les animaux ne produisent pas de graisse de toutes pièces et tirent des matières grasses végétales toute la substance adipeuse qu'on trouve en eux, ce contrôle, dis-je, démontra l'exactitude parfaite des vues toutes contraires émises par Huber. Les deux savants observateurs durent reconnaître que, « sous l'influence d'une alimentation formée de *miel pur*, les abeilles produisent réellement de la cire. La belle observation d'Huber sur *la conversion du sucre en cire*, ajoutent-ils, se trouve confirmée. » — Ainsi Dumas se ralliait, sans hésiter, à l'opinion d'abord combattue par lui, alors même qu'il en reconnaissait chimiquement la possibilité. Mais Payen se refusait encore à admettre la *formation des matières grasses aux dépens des principes amyloïdes et sucrés*, formation que Thenard regardait comme extrêmement probable à tous les points de vue.

En 1845, Boussingault (1) vint aussi apporter des résultats confirmatifs qu'il avait obtenus dans l'engraissement des porcs. « Mes recherches, dit-il, paraissent établir : 1° que les porcs âgés de huit mois, après avoir été élevés au régime normal de la porcherie, contiennent *beaucoup plus de graisse qu'ils n'en ont reçu avec les aliments;* 2° que des porcs, nourris pendant six mois avec des pommes de terre, ne produisent pas plus de graisse que n'en renferment ces tubercules ; 3° que dans l'engraissement des porcs, *il y a beaucoup plus de graisse assimilée qu'il ne s'en trouve dans la ration;* 4° que les aliments qui, administrés seuls, n'ont pas la faculté de développer des matières grasses, acquièrent cette faculté d'une manière étonnante aussitôt qu'on y joint de la graisse, bien que la graisse donnée seule produise l'inanition; 5° que les rations engraissantes, qui ne contiennent qu'une quantité minime de graisse, sont toujours riches en principes azotés. » — Boussingault rappelait en même temps les observations de Persoz sur l'engraissement des oies et en proclamait l'entière exactitude. Persoz avait, en effet, regardé comme un fait prouvé aussi par ses propres expériences, que « *les oies sont capables de former de la graisse sans l'intervention des matières grasses* (2), » et tous les faits constatés par lui menaient aux mêmes conclusions qui viennent d'être énoncées.

Le problème était donc résolu, et Payen à son tour se rendit à tant de preuves. Il demeure établi que les animaux peuvent former de la graisse; que cette production exige une alimentation variée ; que la présence des matières grasses dans cette alimentation est très favorable pour l'engraissement ; et qu'enfin les substances hydrocarbonées (*amidon* et *sucre*) sont parfaitement aptes à se transformer en *graisse* dans l'organisme animal.

Boussingault (3) surtout a rapporté de nombreuses expériences sur l'engraissement des bêtes à cornes, des moutons, des porcs et de diverses volailles, expériences qui mettent hors de toute contestation les principes physiologiques et les assertions qui précèdent.

Une autre question, moins bien décidée, se place à côté de celle dont nous ve-

(1) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XX, p. 1728.
(2) *Comptes rendus*, t. XXI, p. 20.
(3) *Ouvr. cit.*, t. II, 2e édit.

nons de suivre les phases : *Quel rôle jouent les matières albuminoïdes ou azotées neutres dans la production de la graisse*, et convient-il d'admettre la transformation de l'albumine, de la fibrine, de la caséine, etc., en substance adipeuse ? — Dumas, Boussingault et Payen résolvaient négativement cette question dans leur premier mémoire de 1843 (1) ; mais l'échec subi par les doctrines qu'ils avaient soutenues alors ôtait presque toute sa valeur à cette première opinion. Il est encore difficile de donner aujourd'hui une solution à ce problème, et Lehmann (2) notamment considère la question comme tout à fait indécise. Si, dit-il, on n'a pas encore opéré la transformation des matières albuminoïdes en graisse par des procédés chimiques, il faut pourtant remarquer que, dans des circonstances favorables, les matières albuminoïdes se transforment en sels ammoniacaux et en acides gras volatils ; que, dans la formation de l'adipocire, la substance musculaire semble se transformer en un savon ammoniacal ; qu'enfin on constate souvent la dégénérescence adipeuse dans les muscles et d'autres tissus malades. — Voici encore d'autres faits, rapportés par Lehmann : « On a introduit, dans la cavité stomacale d'animaux vivants, des matières animales pauvres en graisses, telles que des cristallins, des blancs d'œufs ; et, après quatre ou huit semaines, ces matières avaient diminué ; mais la proportion des matières grasses avait augmenté, et celle des matières albuminoïdes était devenue plus faible..... D'autres expériences ont montré que, lorsque l'on introduit dans l'organisme des matières albuminoïdes enduites de collodion, de gutta-percha, ou enfermées dans des tubes de verre, elles ne se transforment pas en matière grasse, tandis que des substances non albumineuses, telles que des fragments d'os, du bois, de la moelle de sureau, en séjournant pendant quelque temps dans la cavité abdominale, s'imprègnent de graisse et s'entourent d'une exsudation adipeuse de couleur jaunâtre..... Quelques expériences faites sur les œufs de la limnée des étangs, pendant leur développement, semblent démontrer, durant l'évolution de l'embryon, une augmentation de graisse provenant d'une décomposition de la matière albumineuse. » — Néanmoins aucun de ces faits ne porte la conviction dans l'esprit du chimiste allemand, et ne décide à ses yeux la question générale.

Moleschott (3) ne croit pas les matières albuminoïdes susceptibles de se changer en graisses. Mais Boussingault (4), frappé de l'abondance des matières azotées dans tous les régimes capables de produire l'engraissement, professe une opinion opposée : « Il me serait facile, dit-il, de signaler plusieurs régimes engraissants dans lesquels l'albumine, la caséine, la légumine, semblent jouer le rôle de corps gras, et je ne connais pas une seule ration, employée en pratique, dans laquelle l'amidon ou le sucre soient unis à une faible proportion de ces mêmes substances. » Ce savant observateur regarde même comme incontestable « qu'*un régime suffisamment azoté*, bien que dépourvu de matières grasses, *engraisse néanmoins les animaux qui le consomment* (5). » On peut, il est vrai, rappeler en faveur de cette opinion si nettement émise, la facilité avec laquelle les matières azotées ou albuminoïdes des aliments, sous l'influence de la chaleur et des alcalis, ou bien par suite d'une altération spontanée, donnent naissance à des acides gras, tels que

(1) *Loc. cit.*
(2) *Précis de chim. physiol.*, trad. franç. de Ch. Drion, p. 311.
(3) *De l'alimentation et du régime*, trad. franç. de F. Flocon, p. 91 et passim.
(4) *Economie rurale*, 2ᵉ édit., t. II, p. 617.
(5) *Ibid.*, p. 616.

l'acide butyrique et l'acide valérianique ou valérique (1). Ces faits ont été vérifiés, depuis, sur l'albumine du maïs, par Boussingault qui, en effet, assure que « tous les faits recueillis sur l'engraissement des animaux *paraissent* s'accorder pour assigner aux substances alimentaires azotées la faculté de développer de la graisse. »

Toutefois, dans notre opinion, la question ne saurait encore être considérée comme entièrement résolue. Jusqu'à présent, la transformation des matières azotées en graisses ne peut que paraître vraisemblable ; elle attend de nouvelles preuves pour prendre rang parmi les faits démontrés et définitivement acquis à la science.

IV. — Nous avons eu déjà occasion d'étudier certains principes inorganiques essentiels à la *nutrition*, notamment le chlorure de sodium ou sel marin, le phosphate de chaux et l'oxyde de fer (*), auxquels leur importance reconnue a fait donner le nom d'*aliments minéraux*. Nous avons dû, dans cette étude, signaler les effets physiologiques qui peuvent être rapportés à leur usage, et les troubles ou les altérations qui surviennent après que cet usage a été suspendu.

Parmi les principes inorganiques faisant partie de la constitution des animaux, les uns, comme le *phosphate de chaux*, le *phosphate de magnésie*, le *bicarbonate de chaux*, le *fluorure de calcium* et l'*acide silicique*, ont plus spécialement la mission de se déposer dans les tissus solides, contribuant ainsi à leur donner de la résistance et de la rigidité ; les autres, comme le *chlorure de sodium*, le *carbonate de soude*, les *phosphates alcalins*, l'*acide chlorhydrique* et l'*oxyde de fer*, sont les principes nécessaires et constants de plusieurs liquides animaux, ou bien des dissolvants de certaines substances organiques, des médiateurs indispensables de diverses transformations qui se passent au sein de l'économie animale (**).

Comme le fait observer Lehmann, nos connaissances relatives aux substances minérales de l'économie et surtout aux combinaisons qu'elles forment, sont loin d'être en rapport avec l'état avancé de l'analyse chimique. Dire comment certains sels minéraux sont indispensables à la nutrition, pourquoi leur présence influe essentiellement sur la valeur nutritive des aliments proprement dits, est chose encore à peu près impossible.

Pour le *chlorure de sodium* (sel marin) en particulier, sans cesse introduit dans le sang et mêlé à l'albumine, il concourrait avec elle à prévenir la dissolution des globules sanguins, favorisant au contraire la dissolution de certains éléments organiques et la métamorphose de quelques autres en présence de l'oxygène. C'est ainsi que l'albumine devrait en partie sa solubilité dans les humeurs au sel marin, qui dissout également la caséine ; de plus, ce même sel forme avec la glycose une combinaison définie et cristalline, et il paraît se comporter d'une manière analogue avec l'urée : aussi, dans l'économie animale, ces deux produits sont-ils généralement accompagnés d'une certaine quantité de chlorure de sodium. De là l'hypothèse que ce sel doit contribuer, jusqu'à un certain point, aux transforma-

(1) A. Wurtz, *Sur la transformation de la fibrine en acide butyrique* (*Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, 1844, t. XVIII, p. 704).

(*) Voir ci-dessus, p. 76 et suiv.

(**) Il est encore d'autres substances minérales que l'on rencontre fortuitement dans l'organisme et quelques-unes qui ne sont que des résultats de transformations accomplies par lui-même ; tels sont le cuivre, l'arsenic, le plomb, le manganèse, puis les sulfates alcalins, les sels ammoniacaux et le carbonate de magnésie.

tions du sucre, à la production et à l'élimination de l'urée. — Le chlorure de sodium, d'après Liebig (1), convertirait en phosphate de soude une partie du phosphate de potasse, que les aliments et la résorption opérée dans les muscles introduisent dans le sang. Suivant le même auteur (2), le sel dont il s'agit, à cause de la constance de ses proportions dans le sang, contribuerait puissamment à des actes physiques d'endosmose et d'exosmose, c'est-à-dire à l'absorption à travers les membranes. — Enfin, parmi les diverses hypothèses qui ont été émises sur le mode d'action du chlorure de sodium au sein de l'organisme, il faut encore mentionner l'influence qu'on lui accorde sur la constitution de la bile et d'autres liquides alcalins auxquels, par sa soude, il donnerait leur alcalinité, et aussi sur la composition du suc gastrique auquel il fournirait l'acide chlorhydrique.

Quant au *phosphate de soude*, on lui attribue la propriété de faciliter singulièrement l'absorption de l'acide carbonique par le sang veineux, et consécutivement l'élimination de cet acide hors de l'organisme.

Le *phosphate de chaux*, comme le chlorure de sodium, est si généralement répandu dans l'économie animale, qu'il n'est aucun tissu, aucun liquide qui, après incinération, n'en donne une quantité plus ou moins notable. — Si l'on sait qu'il forme une grande partie de la masse des os (*), on ne doit pas non plus ignorer que les trois matières albuminoïdes fondamentales ou protéiques (albumine, fibrine, caséine) donnent aussi à la combustion des quantités variables de cendres dans lesquelles le phosphate de chaux ne manque jamais. On regarde d'ailleurs comme très probable que sa présence est la cause déterminante de certaines métamorphoses que ces matières subissent durant la vie. — C'est à l'aide de l'acide carbonique du sang que le phosphate de chaux devient sensiblement soluble dans ce liquide ; les bicarbonates alcalins et le chlorure de sodium contribuent aussi à en dissoudre une partie.

Le rôle du phosphate de chaux, dans l'organisme, ne paraît pas se borner seulement à *nourrir* le système osseux. Dans les expériences de Chossat (3), la privation prolongée de matière calcaire, chez des pigeons, a fini par rendre leurs os tellement minces que, même pendant la vie, ils se fracturaient avec la plus grande facilité. Le travail de désassimilation des matières calcaires se continue donc dans la substance des os, quand bien même le travail inverse ou d'assimilation y est devenu impossible, faute de leur concours. Cette résorption, de la part du reste de l'économie, a conduit à l'idée que, si ces matériaux inorganiques contribuent à la solidité du tissu osseux, ils pourraient bien aussi avoir quelque autre usage et un rapport plus direct avec la nutrition en général. En effet, Chossat (4), ayant nourri plusieurs pigeons uniquement avec du blé, dans les cendres duquel, comme on le sait, il entre beaucoup de phosphate de magnésie, des sels de potasse et fort peu de chaux ; et, de plus, ayant pris le soin d'empêcher

(1) *Nouvelles lettres sur la chimie*. Paris, 1852, p. 191.

(2) *Lettres citées*, p. 188.

(*) L'analyse des os de bœuf a donné 57,35 pour 100 de *phosphate de chaux* (avec traces de fluate calcaire), et seulement 3,85 de *carbonate de chaux :* ce sont là les seuls sels calcaires qui se rencontrent dans le système osseux. (BERZELIUS, *Traité de chimie*, trad. franç. Paris, 1833, p. 474.)

(3) *Comptes rendus de l'Acad. des sc. de Paris*, t. XIV, p. 451. — *Rech. expérim. sur l'inanition*. Paris, 1844.

(4) *Loc. cit.*

ces animaux de joindre, comme c'est leur coutume, une certaine quantité de matière calcaire à celle qui se trouve naturellement dans leur nourriture habituelle, Chossat, disons-nous, vit d'abord ses pigeons engraisser, puis, au bout de huit à dix semaines, commencer à maigrir, pour succomber enfin entre le huitième et le dixième mois, à la suite d'une diarrhée que cet observateur attribue à l'insuffisance de principes calcaires, notamment du phosphate de chaux.

Le *fer* a été considéré comme un aliment minéral de premier ordre, surtout parce qu'il concourt à la production de l'élément organique par excellence, du globule sanguin. L'absence ou la quantité trop minime de ce principe minéral, comme l'a démontré l'observation clinique, amène les désordres les plus graves dans la santé : ses usages doivent, en effet, être des plus importants, puisqu'on le découvre aussi jusque dans les cendres du lait et de l'œuf. Mais, jusqu'à présent, ils sont loin d'avoir été expliqués, et, à leur sujet, la science ne possède guère que des données hypothétiques. Beaucoup de physiologistes admettent aujourd'hui comme probable que l'oxygène du sang se trouve contenu *surtout* dans les globules, et qu'il y est même combiné plus spécialement avec leur *hématosine* ou matière colorante. Or, l'hématosine renferme normalement une grande proportion de *fer* (environ 7 pour 100 de son poids) qu'on obtient à l'état d'*oxyde*, par incinération de la précédente substance. On a supposé que ce métal existe à l'état de protoxyde dans le sang veineux et à l'état de peroxyde dans le sang artériel : les changements que le sang éprouverait dans les poumons seraient l'effet d'une *suroxydation*, et ceux qu'il subirait dans la circulation générale, notamment dans les capillaires, seraient l'effet d'une *réduction*. L'acide carbonique ne serait pas seulement charrié avec le protoxyde de fer du sang veineux, mais combiné avec lui, de sorte que les deux gaz (oxygène et acide carbonique) qui, par leurs proportions relatives différentes, caractérisent tour à tour les deux espèces de sangs, parcourraient le système vasculaire à l'état de combinaison et non de simple dissolution. — Hâtons-nous de reconnaître que ces vues, d'ailleurs ingénieuses, et qui seraient propres à donner une idée de l'importance du rôle du fer dans l'organisme, sont encore dépourvues de preuves suffisantes.

Quant à l'*eau*, sa présence est indispensable à tout ce qui est vivant et organisé ; en effet, peu de phénomènes s'accomplissent dans la nature vivante sans son intervention, et l'on peut dire que l'eau résume en elle seule une grande partie des conditions de la vie. C'est elle qui maintient le sang dans l'état de fluidité indispensable à la circulation et les différents tissus dans l'état de mollesse ou de souplesse nécessité par leurs usages; c'est elle aussi qui dissout et met en présence les matières devant réagir les unes sur les autres. L'eau constitue la plus grande partie de la masse du sang, puisqu'elle représente près des quatre cinquièmes du poids total de ce liquide, et que souvent même elle s'y trouve en proportion plus considérable. Il importe de savoir que non-seulement dans le plasma elle tient en dissolution tous les matériaux solubles du sang, mais que de plus, infiltrant la substance des globules, elle entre dans leur constitution. La proportion d'eau renfermée dans ces corpuscules a été évaluée à 68 ou 69 pour 100 de leur volume (1). — Il est utile de rappeler ici que les sels calcaires, ferriques et alcalins, si nécessaires à l'entretien de la vie, sont loin de provenir exclusivement de la nour-

(1) Schmidt (de Dorpat), *Charakteristik der epid. Cholera*, 1850.

riture solide ; qu'au contraire l'eau ingérée par les animaux en fournit aussi une quantité notable qu'on ne saurait négliger quand on cherche à apprécier dans leur ensemble les matériaux de la nutrition. Boussingault (1), dans une expérience faite sur une vache laitière, a constaté que les substances minérales prises à l'*abreuvoir* s'élevaient jusqu'à 50 grammes par jour, et il résulte d'un curieux calcul du même auteur (2) qu'en abreuvant 100 têtes de bétail avec certaines eaux potables, on peut, dans une exploitation rurale, faire arriver ainsi, chaque année, au fumier 7 à 800 kilogrammes de substances salines éminemment utiles à la végétation, puisqu'il s'y trouve du phosphore, du soufre, du chlore, de la silice et des alcalis. L'eau n'entre donc pas seulement dans la constitution des animaux ou des plantes comme simple liquide retenu dans les mailles de leurs tissus ; elle favorise encore, à cause des substances salines ou des matières qu'elle renferme, le développement ou l'entretien de l'être organisé à la manière d'engrais ou d'aliment. — Seule, parmi les liquides, l'eau peut dissoudre toutes sortes de gaz ; à cette propriété se rattache l'existence de tout ce qui est vivant et organisé : pas de respiration possible pour les animaux aquatiques, si l'eau ne tenait en dissolution de l'oxygène ; ni pour les animaux terrestres, si leurs voies respiratoires n'étaient suffisamment humides ; ni pour les plantes, qui empruntent principalement un de leurs éléments à l'acide carbonique, si l'eau ne servait pas d'intermédiaire.

Pour les êtres organisés en général, l'eau est tellement importante, qu'on ne saurait les concevoir dépourvus de ce fluide. Il est des animaux qui *ressuscitent* dans l'eau, après être restés pendant fort longtemps dans un état de dessiccation complète (*). Ce liquide semble entrer en proportion définie dans la composition de ces êtres ; il leur en faut une quantité pour ainsi dire déterminée, pour qu'ils jouissent de la vie. Certains tissus, comme l'a prouvé Chevreul (3), sont dans le même cas ; en perdant l'eau qu'ils contenaient, ou bien en en prenant plus qu'il n'est convenable, ils perdent leur propriété particulière : tels sont le tissu jaune élastique, la cornée transparente, etc.

V. — Ce n'est pas tout que d'avoir déterminé le rôle spécial et l'importance relative de chacun des groupes de principes alimentaires d'origine organique ou inorganique, dans les actes intimes d'assimilation et de combustion nutritive ou respiratoire, il faut encore connaître les conditions d'associations ou les proportions de chacun de ces groupes les plus avantageuses pour entretenir régulièrement la nutrition et la vie. — Or, dans les idées générales qu'il a émises sur l'alimentation, W. Prout fait observer que le lait, durant une certaine période, est la nourriture exclusive de l'homme et des mammifères, et qu'il suffit au développement de l'organisme. C'est ainsi que l'habile chimiste anglais a été amené à

(1) *Traité d'économie rurale*, 2e édit., t. II, p. 351.

(2) *Ouvr. cit.*, t. II, p. 142.

(*) Ce fait, déjà constaté par Spallanzani, a été définitivement établi par les recherches de Doyère (*Mém. sur l'organisation et les rapports naturels des tardigrades* (vers), *et sur la propriété remarquable qu'ils possèdent de revenir à la vie après avoir été complétement desséchés*, Paris, 1842). — A propos de la controverse qui s'est élevée récemment à ce sujet, entre Doyère et Pouchet, consultez surtout l'intéressant travail de Gavarret, intitulé : *Nouvelles expériences sur les rotifères, les tardigrades et les anguillules des mousses des toits* (*Journal du progrès*, t. IV, p. 421, et t. V, p. 1).

(3) *De l'influence que l'eau exerce sur les substances azotées solides* (*Ann. de chimie et de physique*, t. XIX, p. 41).

regarder le lait comme l'aliment type ou normal, et à établir que tout régime alimentaire doit participer plus ou moins de sa constitution ; c'est-à-dire qu'indépendamment des phosphates, des chlorures et autres sels inorganiques, l'aliment complet doit réunir une substance azotée, un principe non azoté (corps gras ou sucré) pour équivaloir au caséum, au sucre, au beurre du lait. Conséquemment, si l'on voulait déterminer, à peu près, dans quelles proportions relatives devraient se trouver les précédents principes nutritifs dans un régime alimentaire destiné à remplacer immédiatement l'allaitement, on ne saurait mieux faire que de s'en rapporter à la constitution de la nourriture fournie à l'enfant par la nature elle-même, c'est-à-dire à la constitution du lait de femme. — Alors, suivant Lehmann (1), la proportion la plus favorable de ces principes, dans l'aliment nouveau, serait la suivante : matières plastiques, 10 ; matières grasses, 10 ; sucre, 20 ; sels inorganiques, 0,6.

Mais, d'après la remarque du même auteur, « en cherchant à déterminer les proportions les plus avantageuses des principes nutritifs, il ne faut pas s'imaginer que ces proportions doivent rester les mêmes dans toutes les circonstances ; elles varient, au contraire, avec l'état de l'organisme. De même que les besoins de l'économie n'exigent pas toujours la même quantité absolue de nourriture, de même ils ne réclament pas non plus toujours les mêmes proportions des divers principes nutritifs. L'examen du lait prouve, en effet, que sa composition se modifie sans cesse avec la croissance de l'enfant : le rapport des principes offerts au nouveau-né est constant, mais il est tout différent du rapport des mêmes principes contenus dans le lait destiné au jeune animal qui respire depuis un certain temps avec ses poumons. D'une espèce à l'autre, ces rapports changent considérablement : bien qu'ils dépendent en partie du régime alimentaire de la mère, ils n'en restent pas moins constants, dans une même espèce, lorsque le jeune animal se trouve dans les mêmes conditions. »

Nul doute que la prospérité de l'organisme ne dépende des proportions suivant lesquelles sont mélangés les divers principes alimentaires, et qu'une prédominance ou une diminution trop sensible des uns ou des autres n'entrave la marche régulière de la nutrition. Boussingault (2) a démontré que les betteraves ou les pommes de terre, administrées à discrétion, sont insuffisantes pour nourrir convenablement les vaches laitières : cet investigateur s'est assuré, à l'aide de consciencieuses analyses, que dans la nourriture reçue il y avait assez de sucre et d'amidon, assez de matières azotées, assez de substances salines, pour suffire à la production de la chaleur animale et pour réparer toutes les pertes occasionnées par les sécrétions, mais qu'il y avait une quantité fort insuffisante de principes gras ; nouvelle preuve que, dans les aliments, les hydrates de carbone (amidon et sucre) ne sauraient entièrement remplacer les matières grasses. Les recherches du même auteur et celles de Letellier (3) établissent encore qu'une substance alimentaire, dût-elle être très riche en ces matières, est néanmoins impropre à l'engraissement, si elle ne renferme pas une proportion suffisante de matière nutritive azotée.

Malgré les déterminations assez nombreuses qui ont été faites du rapport existant entre les principes plastiques et les principes non azotés contenus dans divers aliments regardés comme complets, le problème dont il s'agit sur les proportions

(1) *Précis de chimie physiol.*, trad. franç., p. 376. Paris, 1855.
(2) *Mémoires de chimie agricole et de physiologie*, p. 63. Paris, 1854.
(3) *Mém. cit.* de BOUSSINGAULT, p. 105, 123 et suiv.

les plus avantageuses qui doivent exister entre les différents principes alimentaires n'a reçu, jusqu'à présent, qu'une solution approximative.

Quant à la question de savoir si l'usage exclusif de *principes non azotés*, puisés dans le règne végétal ou animal (sucre, amidon, gomme, beurre), ou bien si les *principes immédiats azotés*, provenant de l'un ou de l'autre règne (albumine, fibrine, caséine, glutine, etc.), *seuls ou mélangés entre eux*, peuvent suffire à l'entretien de la nutrition et de la vie des animaux, on sait que cette double question a été résolue expérimentalement par la négative (*).

VI. — Tout ce qui a été dit, dans les pages précédentes, touchant l'emploi ou le rôle des aliments et des boissons dans la nutrition, contribue à démontrer que l'existence des animaux ne se maintient qu'à la condition d'un travail moléculaire incessant, accompli aux dépens de matériaux plus ou moins complexes qui, en général, se métamorphosent et se détruisent par des phénomènes analogues à la combustion ; les animaux, dans ce but, empruntent à l'air son oxygène. De ce travail intime, et de la dépense qu'il entraîne avec lui, résulte la nécessité d'une réparation continuelle, indispensable à l'intégrité et à la permanence des organes. Un problème des plus intéressants se présente donc à résoudre : Quelle est, dans un temps donné, la *quantité de principes nutritifs* que réclame, pour s'entretenir, le corps de l'homme, par exemple ?

On sait qu'un animal adulte, soumis à la ration d'entretien, ou un homme arrivé au terme de sa croissance et nourri avec une grande régularité, peut conserver le même poids moyen, et rendre, dans les différents produits résultant de l'action organique (fèces, urine, sueur, exhalation pulmonaire, etc.), une quantité de matière précisément égale à celle qu'il reçoit par ses aliments. Pourtant il y a là *assimilation*, en ce sens que la matière élémentaire des aliments se fixe dans l'organisme, en s'y modifiant, pour se substituer à celle que le mouvement de désassimilation expulse journellement. — Ainsi, en pareils cas, la réparation se subordonne à la déperdition.

Mais la déperdition étant modifiée par l'âge, le sexe, la constitution, la taille, les habitudes, la profession, la saison, le climat, par un grand nombre de circonstances physiologiques qui modifient la combustion nutritive elle-même, la réparation ou l'ingestion d'aliments doit varier à son tour ; ce qui prouve que, sous le rapport des quantités, on ne saurait établir ici que des *moyennes générales* en ce qui concerne l'homme. Et, d'ailleurs, en supputant le poids total des matières rejetées, et le comparant au poids des substances ingérées, pour déterminer la quantité absolue de nourriture réclamée par l'organisme, est-on bien sûr que les besoins de la nutrition soient réellement et toujours proportionnés aux pertes observées ?

Quoi qu'il en soit, nous admettrons, avec Lecanu (1) et Dumas (2), comme moyenne des pertes faites en vingt-quatre heures par les voies urinaires, 32 grammes d'urée = 15 grammes d'azote, auxquels, avec Payen (3), nous ajouterons 5 autres grammes environ du même gaz, provenant des produits expulsés

(*) Voir ci-dessus, page 81.

(1) *Mémoires de l'Académie de médecine.* Paris, 1840, t. VIII, p. 676.
(2) *Chimie physiol. et médicale*, p. 423. Paris, 1846.
(3) *Traité des substances alimentaires*, p. 345 et suiv. Paris, 1853.

par les voies pulmonaire, cutanée et digestive : c'est donc par jour une perte totale d'à peu près 20 grammes d'azote.

Quant à la quantité de carbone exhalé journellement par la respiration (250 gr.), ou entraîné dans les déjections liquides et solides (60 gram.), ce dernier auteur l'évalue à 310 grammes (*).

Ainsi, pour entretenir la vie et les forces d'un homme adonné aux travaux du corps, il faut que les aliments pris en vingt-quatre heures contiennent 310 grammes de carbone, plus 130 grammes de substance azotée renfermant 20 grammes d'azote. Or, pour ce qui concerne la détermination de la *ration normale* de l'homme, il est remarquable que la science, d'une part, l'expérience journalière, de l'autre, ont donné des solutions ou plutôt se sont rencontrées dans une seule et même solution que nous sommes fondé à regarder ici comme suffisamment approchée. En effet, Payen (1) propose comme ration normale *mixte* et propre à concilier les nécessités d'une bonne alimentation avec celles de l'économie :

			Substance azotée.	Carbone.
Pain............	1000 gram.	=	70 gram.	300 gram.
Viande..........	286	=	60,26	31,46
	1286	=	130,26	331,46

Et l'on sait que, depuis longtemps, la ration réglementaire du soldat français est ainsi fixée : viande, 285 grammes ; pain de munition, 750 grammes; et pain blanc pour la soupe 316 grammes; carottes et autres légumes, 200 grammes. Évidemment on ne pouvait souhaiter plus d'accord entre la théorie et la pratique.

Quant à la quantité d'*eau* qui, sous la forme liquide, doit être introduite dans le corps humain en vingt-quatre heures, elle varie considérablement suivant les individus, suivant les âges, les circonstances extérieures, etc. On ne peut rien établir de général à cet égard ; il faut tantôt plus, tantôt moins d'eau, selon que les aliments ingérés en contiennent eux-mêmes plus ou moins. Toutefois, que ce liquide soit pris isolément ou mélangé avec les aliments, sa proportion est évaluée à environ 1 kilogramme par jour, qui est aussi à peu près la quantité expulsée dans le même temps par les reins, la peau et le poumon.

VII. — Nous avons dû nous écarter, un moment, de l'étude des *actes intimes de la nutrition* pour dire quelles proportions relatives entre les aliments azotés et les aliments non azotés, et aussi quelle quantité moyenne des uns et des autres sont nécessaires à l'entretien régulier des fonctions animales. Mais nous rentrons dans la précédente étude en rappelant tout d'abord que le *sang* est le milieu dans lequel s'accomplissent les phénomènes essentiels de la nutrition. Ce fluide, qui, d'une part, emprunte aux voies digestives des substances déjà élaborées, et au milieu ambiant, de l'*oxygène*, agent nécessaire de toutes les réactions physico-chimiques de l'économie, et qui, d'autre part, reçoit les produits ultimes des métamorphoses de la nutrition, représente en effet un liquide à la fois réparateur et épurateur, sans cesse renouvelé d'un côté à mesure qu'il est détruit de l'autre. Le sang est donc l'intermédiaire où aboutit et ce qui va être employé et ce qui a été employé : si, d'un côté, il porte par mille canaux la nourriture à tous les

(*) Au lieu de 300 grammes admis par DUMAS, *loc. cit.*

(1) *Loc. cit.*

organes, se transformant par une chimie spéciale en tissus et en humeurs, d'un autre côté, à mesure que les particules organiques sont décomposées et fluidifiées, elles rentrent dans le grand courant sanguin qui les emporte. « Ainsi, dit E. Littré, se fait et se défait cette toile de Pénélope, trame toujours sur le métier et ne subsistant qu'à la condition d'avoir ses fils incessamment renouvelés. »

Puisque les particules qui sont entrées dans le corps, au lieu de continuer à garder leurs propriétés (cas dans lequel l'animal, une fois adulte, aurait pu se clore et s'entretenir de sa propre substance), puisque ces particules, après avoir vécu un certain temps, perdent toute aptitude à vivre ultérieurement, il faut que le liquide nourricier en soit débarrassé par quelques-unes des voies qui sont ouvertes au dehors ; et dès lors cette soustraction incessante amène la nécessité d'une réparation non moins continue.

Or, dans ce travail moléculaire, qui se fait dans le sang d'abord et de la part de l'oxygène qui y est contenu, puis dans les tissus eux-mêmes aux dépens de ce gaz exhalé avec le plasma, comment se comporte l'élément organique par excellence, le *globule sanguin ?* Parce qu'il ne sort pas du système circulatoire où il se forme et se détruit sur place, est-ce donc à dire qu'il ne prenne point une part essentielle aux actes les plus intimes de la nutrition ?

Et d'abord, il est un fait généralement admis, c'est que l'oxygène introduit dans le sang par les voies respiratoires se fixe de préférence sur les globules sanguins ; puis on sait encore combien la nutrition générale est influencée d'une manière fâcheuse par suite de leur augmentation en nombre ou de leur diminution. Nul doute aussi que les globules rouges du sang, qu'on regarde comme les parties vivantes de ce fluide, ne disparaissent et ne se détruisent sans cesse, pour se réparer et se reproduire, au fur et à mesure de leur destruction, aux dépens des matières organiques dissoutes dans le plasma sanguin : le chyle et la lymphe sont les deux fluides qui ont pour usage commun de contribuer à la rénovation du sang. De nouveaux globules se forment continuellement dans le plasma du sang de tous les organes, puis, après avoir subi plusieurs phases de développement, avoir vécu un certain temps, ils se dissolvent d'eux-mêmes, ou bien crèvent en laissant échapper leur contenu, qui retourne ainsi dans le plasma du sang où ces corpuscules s'étaient d'abord développés. Or, avons-nous dit, l'oxygène, agent de toutes les réactions physico-chimiques de l'économie, se fixe de préférence sur les globules sanguins ; il se pourrait donc que leur disparition ou leur dissolution incessante eût surtout pour objet de restituer au plasma des matériaux métamorphosés et *perfectionnés* qui, s'échappant bientôt au travers des parois vasculaires, auraient une aptitude immédiate à être utilisés par la nutrition. On sait d'ailleurs que dans la composition de ces globules figurent des matières protéiques ou albuminoïdes, une quantité assez notable de matières grasses phosphorées et divers sels inorganiques (*), c'est-à-dire des éléments qui peuvent contribuer à remplacer, soit dans les humeurs, soit dans les tissus, les matériaux azotés ou autres devenus impropres à la vie.

Mais si, d'une part, pour entretenir le plasma et les globules dans leur constitution normale, il faut l'abord simultané et incessant de l'air et de principes nutritifs

(*) La quantité de matières grasses s'élève, dans les globules humides, de 0,2 à 3,0 pour 100. Quant aux sels inorganiques, les phosphates et les sels de potasse existent en proportions bien plus considérables que les chlorures et les sels de soude, qui, au contraire, abondent dans le sérum (LEHMANN, SCHMIDT). — On sait qu'il en est de même pour le tissu musculaire.

immédiats élaborés par la digestion, il faut aussi, d'autre part, pour atteindre ce but, l'élimination continuelle de certains matériaux du sang. Parmi ces matériaux, il en est qui, introduits dans l'organisme, sont ou superflus ou incapables de servir : comme l'eau qui s'échappe par l'exhalation pulmonaire, par la sueur ou par l'urine, et comme certains principes minéraux, mêlés à la nourriture, qui s'en vont plus spécialement par les reins. Mais, ainsi que nous l'avons vu, il est aussi dans le sang d'autres matériaux qui, développés par le travail intime et moléculaire de l'organisme lui-même, ne sauraient y séjourner sans donner lieu à des accidents, comme l'urée, les acides urique et hippurique, produits azotés expulsés par les reins, ou comme les acides sudorique, cholique et choléique, autres produits azotés que chassent la peau et le foie, enfin l'acide carbonique qu'exhalent surtout les poumons. — Partant de ce principe que des composés fixes et définitifs, comme l'urée et l'acide urique, par exemple, ne sauraient être le produit du plasma qui varie dans sa constitution avec les modes d'existence et le genre de nourriture, on a supposé que ces produits devaient provenir des globules qui, bien que différents dans leurs formes, offrent une grande analogie, sinon une identité de composition, dans le sang de tous les animaux supérieurs. L'urée, ou une substance azotée représentée par ce composé, séparée du sang par les reins, serait donc, suivant cette hypothèse, une *excrétion* des globules dans le plasma.

Quoi qu'il en soit, grâce à un travail d'assimilation et de désassimilation si admirablement compensé, on arrive à comprendre que, plasma et globules, qui ont d'ailleurs une composition jusqu'à un certain point solidaire, puissent maintenir cette composition, malgré ses variations, dans des limites compatibles avec l'entretien de la vie et de la santé.

VIII. — Pour passer en revue toute la série des actes nutritifs, il reste à se rendre compte de la production ou de l'entretien des tissus animaux, et aussi de la régénération que présentent plusieurs d'entre eux. Cette importante question ne saurait être traitée en ce moment au point de vue morphologique ; c'est en traçant l'histoire du développement des tissus qu'il y aura lieu de l'envisager ainsi. Mais, dans l'étude de la nutrition, elle se pose en quelque sorte d'une façon plus générale et plus élevée. Comment se forme un tissu vivant, aux dépens de la matière alimentaire ; quels sont les principes nourriciers qui y prennent part et par quelle série de métamorphoses ces principes se transforment-ils en la substance même d'un organe vivant et fonctionnant? tel est le problème, encore à peine abordable dans l'état actuel de la science, que le physiologiste rencontre devant lui au dernier terme de l'histoire générale de la nutrition.

Aussi, à propos de ce problème, resté insoluble jusqu'à présent, n'avons-nous d'autre but que d'exposer les premiers éléments d'une solution réservée à l'avenir.

Il importe, avant tout, de se faire une idée bien nette de ce qui constitue un tissu animal dans ses conditions physiologiques. On y trouve comme partie essentielle une trame solide, à formes définies, qui souvent a été regardée comme constituant à elle seule chaque tissu, parce qu'elle en est la partie la plus durable et la plus caractéristique. C'est d'elle qu'il est vrai de dire que tout tissu animal se compose essentiellement de matière azotée ; c'est elle que l'anatomiste analyse et décrit avec le secours du scalpel et du microscope ; c'est elle aussi qui a été étudiée presque exclusivement dans les recherches histologiques. Mais le physiologiste ne

saurait y voir tout le tissu tel qu'il existe lorsque la vie l'anime et le met en jeu ; tel, en un mot, que la nutrition le produit et l'entretient. Cette trame, de nature azotée et dont la substance dérive toujours des principes protéiques, ne saurait représenter le tissu complet qu'à la condition qu'on y ajoute les fluides organiques dont elle est constamment imprégnée durant la vie. Les tissus les plus solidifiés, les os et les dents, montrent eux-mêmes cette imbibition profonde de leur tissu solide par des fluides qui ne leur font jamais défaut à l'état physiologique. Mais, le fait est bien autrement manifeste, si l'on considère les tissus, si répandus dans l'organisme, qui doivent posséder cette souplesse, cette flexibilité et cette élasticité toute particulière des membranes, de la chair musculaire, etc. ; souplesse et flexibilité que l'industrie humaine serait si désireuse d'introduire dans plus d'un rouage de ses machines et que jusqu'à présent elle n'a pu imiter en rien. N'est-il pas évident, en prenant pour exemple un des tissus les plus abondants de l'économie, que la fibre musculaire, isolée avec soin et privée des divers fluides qui la pénètrent habituellement, ne représente pas le tissu des muscles, mais seulement un de ses éléments les plus importants ?

On ne saurait laisser de côté de pareilles notions sans s'exposer à des interprétations erronées dans l'étude de l'assimilation nutritive. En effet, on pose volontiers comme un axiome, que les tissus étant formés de substance azotée, les matières albumino-fibrineuses peuvent *seules* être employées à les produire ou à les réparer. Cette proposition consacrerait une erreur, si on lui laissait un sens absolu ; elle ne saurait être considérée comme exacte qu'en l'appliquant exclusivement à la trame solide des tissus, abstraction faite des fluides surajoutés qui peuvent être de nature azotée ou non azotée. C'est ainsi que la chair musculaire, par exemple, est essentiellement constituée par la *musculine* ou *syntonine*, substance azotée très voisine de la fibrine du sang avec laquelle on l'a longtemps confondue. Les fibrilles formées de musculine sont enveloppées d'un *sarcolemme* dont la substance se rapproche, selon Lehmann (1), de celle du tissu élastique et est encore de nature azotée. Mais ces éléments solides, et à formes définies, du tissu musculaire, sont imprégnés d'un liquide dans lequel on a reconnu, à côté de matières azotées, comme la *créatine*, la *créatinine*, la *caséine*, l'*albumine*, l'*acide inosique*, etc., d'autres matières non azotées, telles que l'*acide lactique*, un des produits de transformation du principe sucré, l'*inosite*, matière saccharine elle-même, la *dextrine* (Sanson), et enfin plusieurs acides gras. Si l'on ajoute à cela de l'*eau*, et des *substances minérales* que fournissent les cendres de la chair musculaire, on sera frappé de ce fait que le tissu des muscles, quand il se présente avec toutes ses conditions normales, renferme les divers principes que doit contenir aussi tout aliment complet. — Le même résultat se révélerait si l'on étudiait à ce point de vue les principaux tissus. —En ce qui concerne la présence des principes hydrocarbonés, nous avons précédemment fait observer que la matière amyloïde animale (*zoamyline*) est si rapidement employée par la combustion nutritive, qu'elle ne *s'accumule* qu'exceptionnellement dans les tissus (*).

Il résulte de ces considérations, que les aliments, nommés *plastiques* par Liebig, ont en effet le privilége exclusif de nourrir la trame solide des tissus ; mais que les autres substances qui figurent dans une alimentation complète chez les animaux

(1) *Précis de chimie physiologique*, traduction de Ch. Drion, p. 273. Paris, 1855.

(*) Voir ci-dessus, page 1044.

supérieurs, viennent achever la nutrition de ces mêmes tissus, en apportant aux fluides qui les pénètrent des matières grasses, des matières amyloïdes, de l'eau, des principes minéraux, dont ils ne sauraient être longtemps privés sans subir des modifications profondes de leurs propriétés. Les matières grasses, et notamment les hydrates de carbone fournissent les combustibles nécessaires à la production de la chaleur animale, puis l'alimentation les remplace au fur et à mesure de leur consommation si rapide.

Le *mode de nutrition des divers tissus* n'est pas toujours le même, et il importe de distinguer à cet égard les tissus que parcourent les vaisseaux sanguins capillaires de ceux où ces mêmes vaisseaux ne paraissent pas exister. Des recherches, chaque jour plus précises, viennent de plus en plus restreindre le nombre de ces derniers tissus : toutefois, jusqu'à présent, on n'a reconnu aucun vaisseau sanguin dans les tissus épidermoïdes (épiderme, épithélium, ongles, poils, corne, etc.); le tissu solide des dents n'en contient pas non plus, et peut-être la substance du cristallin est-elle dans le même cas.

Ce corps lenticulaire, de nature albumineuse, est contenu dans une membrane ou matrice, riche en vaisseaux sanguins, qui paraît produire la substance de cette humeur de l'œil. G. Valentin (1) a reconnu, chez un embryon, que les fibres du cristallin sont formées par des rangées linéaires de globules qui se confondent peu à peu, de manière à former une fibre continue ; Schwann et E. H. Weber ont fait des observations analogues : de telle sorte que l'enveloppe cristalline produirait une matière plastique et organisable en cellules d'où résulterait la substance fibrillaire du cristallin. Les couches les plus nouvelles de cette substance se trouvent à la périphérie de la lentille, tandis que les plus anciennes en occupent le centre.

Les parties épidermoïdes paraissent se constituer à l'aide d'un mécanisme analogue; le derme est leur membrane génératrice. Très vasculaire, cette membrane laisse exsuder par sa face libre une matière plastique qui s'organise en cellules, contenant un noyau ; puis ces cellules s'aplatissent ou s'allongent en perdant leur contenu fluide, pour former des lamelles ou des fibres cornées. Ici encore la matière plastique, exsudée, qui se montre susceptible de cette transformation morphologique et organique, est de nature azotée.

Quant à la matière dure des dents, elle paraît résulter d'une sorte d'ossification progressive du germe : ainsi l'ont pensé Schwann, R. Owen, J. Müller, Duvernoy, etc. Son mode de formation et de nutrition, analogue à celui du tissu osseux lui-même, ne saurait être assimilé à celui que présentent le cristallin et les tissus épidermoïdes.

Tous les autres tissus de l'organisme, même le tissu osseux, sont pourvus de vaisseaux sanguins capillaires qui y font circuler le sang à un état de division extrême et dont les parois sont d'une merveilleuse ténuité. A travers ces fines parois, l'endosmose établit un échange incessant entre les liquides dont les tissus sont imprégnés et le sang que renferment les vaisseaux. Ces derniers exhalent les diverses matières dont l'alimentation a enrichi le sang (principes azotés, gras, amyloïdes et matières minérales) ; puis, à la place de ces substances nutritives, s'introduisent, dans le

(1) *Entwickelungs geschichte*, p. 203.

sang, les produits des altérations qu'ont subies les tissus durant l'accomplissement de leurs fonctions. En même temps l'oxygène, apporté par le sang artériel, oxyde les substances amyloïdes et, s'il est besoin, une partie des matières grasses que le tissu possédait déjà ou qu'il vient d'acquérir du sang lui-même, et les produits de cette combustion lente sont entraînés dans le courant circulatoire, tandis que la chaleur résultant de ce phénomène se fixe dans le tissu et contribue à le maintenir dans son intégrité physiologique. Mais c'est aux matériaux azotés introduits dans les liquides propres au tissu lui-même, que celui-ci emprunte les principes nécessaires pour accroître ou réparer sa substance. La créatine, la créatinine, l'acide inosique, etc., par exemple, que le suc de la chair musculaire renferme, sont autant de produits azotés de transformations éliminatoires résultant du travail de nutrition dont les muscles sont le siége.

Ainsi peut-on se faire une idée du phénomène général de la nutrition des tissus que le sang pénètre directement ; ainsi se trouvent employés les principaux matériaux provenant de l'alimentation. Mais cette vue générale est loin de satisfaire entièrement l'esprit, et l'on se demande quelles formes organiques, quelles métamorphoses intermédiaires présentent les éléments nutritifs contenus dans le sang, avant de se fixer dans chaque tissu particulier.

Ici commence une longue série de questions encore insolubles de l'aveu même des auteurs les plus autorisés en pareille matière.

« Les substances albuminoïdes, dit Lehmann (1), revêtent, dans l'organisme, les formes les plus variées. Comme il est impossible de les obtenir à l'état de pureté parfaite, on ne saurait dire si elles sont isomères ou polymères, si elles sont des combinaisons particulières d'une même substance fondamentale, ou si elles constituent simplement des corps d'une nature analogue.... » Quant à la *coagulation* des matières albuminoïdes ou à leur passage de l'état soluble à l'état insoluble, « on ignore, ajoute-t-il, la nature chimique de ce phénomène. » — Ainsi, pour comprendre les métamorphoses que subissent les substances azotées, dans le but de former la trame solide des différents tissus, il nous manque, avant tout, une connaissance précise de ces matières elles-mêmes sous leurs formes essentielles : en un mot, la physiologie réclame ici des lumières que la chimie n'est pas encore en mesure de lui fournir. On peut donc seulement remarquer que l'albumine, qui se trouve en abondance dans les tissus en voie de développement et dans le sang, doit être la matière azotée essentiellement propre à la production des autres matières du même genre, par suite du travail de la nutrition. « Mais, comme dit encore Lehmann (2), on ignore de quelle manière l'albumine s'organise en cellules et en tissus. Les dérivés immédiats des matières albuminoïdes semblent bien constituer des termes formant le passage de l'albumine aux substances constitutives des tissus ; mais il s'en faut de beaucoup que nous soyons en état de suivre ce passage dans tous ses détails, même par une série d'équations chimiques. »

Il serait superflu d'insister davantage sur cet aveu de notre ignorance. Nous sommes arrivés, en ce qui concerne la nutrition des tissus, aux limites de nos connaissances actuelles. — Quant aux mutations morphologiques des tissus en voie de formation, nous réserverons leur étude pour le chapitre consacré à l'histoire du développement de l'homme et des animaux.

(1) *Ouvr. cit.*, p. 82.
(2) *Ouvr. cit.*, p. 88.

Le besoin répété de prendre des aliments et l'expulsion continuelle d'excrétions de diverses natures nous révèlent suffisamment que l'existence des animaux ne se maintient qu'à la condition d'un travail moléculaire incessant. Mais jusqu'où s'étend le *renouvellement de la matière* dans les corps vivants? Est-il restreint aux fluides organiques qu'il atteint nécessairement, ou bien s'exerce-t-il aussi dans la *trame solide* des tissus eux-mêmes? J. Müller (1), à l'exemple de la plupart des physiologistes, a résolu cette dernière question par l'affirmative. Dans son opinion, tous les tissus, excepté le tissu nerveux, donnent des signes indubitables d'un changement continuel des matériaux qui les constituent, et il entend par là leur trame solide elle-même. Ces signes lui semblent surtout manifestes dans le tissu osseux, et il signale à ce titre la formation des cellules dans les os, celle des sinus frontaux et sphénoïdaux dans l'enfance, la résorption des os soumis à la pression d'une tumeur, la disparition des alvéoles chez les vieillards, l'amincissement du crâne avec l'âge, etc.

Le même auteur n'a sans doute pas cru pouvoir citer, à l'appui de son opinion, des expériences célèbres dont nous tenons à dire ici quelques mots : il s'agit des effets produits sur le système osseux par la garance mêlée aux aliments des animaux. Belchier (2), le premier, attira l'attention des observateurs sur la coloration des os qui résulte de l'ingestion de cette substance ; puis de nombreuses expériences de Duhamel (3) vinrent donner une grande importance à la précédente observation. Cet ingénieux expérimentateur crut d'abord avoir démontré que, de tous les organes d'un animal soumis au régime de la garance, les os seuls se colorent par cette substance, et que leur coloration disparaît avec une grande rapidité après que l'animal a repris son régime ordinaire. Il renonça, plus tard, à cette dernière conclusion, et reconnut que les os ne semblent se décolorer que parce que de nouvelles couches non colorées de matière osseuse recouvrent les couches rougies. Enfin, il avait montré que la coloration des os se produit très vite : il les avait vus devenir d'un rose vif en trois jours et d'une couleur de chair en vingt-quatre heures. Flourens (4), reprenant ces expériences longtemps après, confirma la plupart des faits observés par Duhamel et signala des exemples de coloration encore plus prompte des os. Il étendit ses observations aux dents qui lui offrirent des phénomènes analogues à ceux qui se passent dans le tissu osseux. Flourens s'étant surtout préoccupé dans ses recherches de déterminer quel est le mode d'accroissement des os, il n'entre pas dans notre sujet de rappeler ses conclusions à cet égard. Mais le même auteur aborda aussi la question de la nutrition des tissus en général, et pensa trouver dans les résultats de ses expériences la confirmation des idées émises avant lui sur la *mutation continuelle de la matière* dans les corps vivants. Buffon (5) avait dit : « Ce qu'il y a de plus constant, de plus invariable dans la nature, c'est l'empreinte ou le moule de chaque espèce ; ce qu'il y a de plus corruptible, c'est la substance. » G. Cuvier avait plus explicitement indiqué cette mutation : « La vie, dit-il, est un tourbillon..... la matière actuelle du corps vivant n'y sera bientôt plus. » Et cette idée de *tourbillonnement vital*, en rapport avec certaines vues de philosophie spiritualiste, fut admise comme une des lois fondamentales de la vie.

(1) *Manuel de physiologie*, trad. de Jourdan, 2ᵉ édit. t. I, p. 288. Paris, 1851.
(2) *Philosoph. Trans.*, vol. XXXIX, 1736.
(3) *Mémoires de l'Académie des sciences de Paris*, 1739.
(4) *Annales des sciences naturelles*, 2ᵉ série, t. XIII, p. 97.
(5) *Hist. nat. des animaux ; Du cerf.*

Cependant Serres et Doyère (1), dans un remarquable travail, ayant soumis à un sévère examen les vues et les assertions qui précèdent, se sont crus autorisés, à leur tour, à formuler les conclusions suivantes : « 1° En ce qui concerne la coloration, c'est un phénomène purement chimique qui se produit dans le tissu tout formé ; c'est un fait de teinture. — 2° En ce qui concerne la circulation du sang, le système capillaire du tissu osseux n'est le siége que d'une circulation obscure : nous indiquons ce fait comme pouvant exister dans d'autres tissus ; nous croyons en avoir trouvé, pour le tissu osseux en particulier, une preuve visible dans la marche que suit la coloration chez les animaux soumis au régime de la garance. — 3° En ce qui concerne la nutrition, cet *échange*, ce *renouvellement*, ce *tourbillonnement perpétuel* des molécules, ne sont point une condition essentielle des tissus vivants, à moins qu'on ne veuille ranger le tissu osseux parmi les tissus morts. »

En présence de données et d'interprétations aussi contradictoires, que penser du renouvellement de la matière dans les *parties solides* des tissus? La plupart des faits invoqués peuvent bien fournir des inductions concernant le mode d'accroissement des os ; mais, jusqu'à présent, il n'est pas démontré que toutes les molécules du tissu osseux ne doivent séjourner dans les os qu'un temps assez court, ni qu'elles soient *incessamment* remplacées par de nouvelles molécules que d'autres remplaceront bientôt. Or, ce qui peut paraître contestable pour le tissu osseux l'est également pour les autres tissus de l'organisme adulte. Aussi semble-t-il rationnel d'attendre d'autres lumières pour prendre un parti relativement à cette théorie du *renouvellement incessant de la matière* dans la trame solide *des tissus*, théorie qui, si elle n'est pas expérimentalement démontrée, se trouve pourtant assez en rapport avec la manière la plus générale d'envisager les actes intimes de la nutrition.

La question de la *régénération* ou reproduction de certains tissus est évidemment du domaine de la nutrition.

Le germe des animaux possède une merveilleuse puissance organisatrice ; là se révèle une activité nutritive tout exceptionnelle qui produit, de toutes pièces, des tissus nouveaux et des organes entiers souvent très complexes. Mais il semble que cette puissance persiste d'autant moins, chez l'animal, que les organes produits ont exigé, à cause même de leur complexité, qu'elle se déployât avec plus de perfection.

Les expériences célèbres de Trembley nous montrent, par exemple chez l'hydre d'eau douce, une force de régénération des tissus d'autant plus surprenante qu'elle paraît demeurer toujours égale pendant toute la vie de l'animal : aussi une fraction souvent assez faible de son corps, et spécialement des parties qui environnent la bouche, parvient-elle à reproduire tout ce qui lui manque et à reconstituer un animal complet. Chez les planaires, Dugès a constaté une aptitude également bien remarquable à la régénération des parties : il suffit d'un huitième ou même d'un dixième de l'animal pour le reproduire en entier, et cette réparation si étendue ne demande que quatre jours en été, douze ou quinze jours en hiver. Divers annélides, tels que les vers de terre, les naïs, les néréides, reproduisent les anneaux qu'ils ont perdus ; les limaçons régénèrent leurs tentacules et une portion de leur tête, tant

(1) *Ann. des sc. nat.*, 2e série, t. XVII, p. 173.

que, dans l'ablation des parties, n'ont pas été atteints les ganglions nerveux céphaliques accolés à la face supérieure de l'œsophage. Chacun sait que les pattes mutilées renaissent chez les crustacés. Plus élevés en organisation, les arachnides et les larves d'insectes perdent cette faculté de reproduction avec la dernière mue qui signale, chez eux, le passage à l'âge adulte.

Le pouvoir régénérateur des tissus est bien plus limité chez les *vertébrés* que chez les animaux des autres embranchements. Toutefois les poissons peuvent réparer une mutilation qui les a privés d'une nageoire; les salamandres reproduisent leurs pattes ou leur queue coupées, et personne n'ignore que la queue si fragile des lézards repousse facilement et plusieurs fois chez le même individu. Mais aucun animal vertébré, à sang chaud, ne peut reproduire des parties aussi compliquées, et la puissance régénératrice se borne ordinairement, dans ces types élevés, à la réparation de certaines solutions de continuité dans les tissus (*). Chez l'homme, les mammifères et les oiseaux, cette réparation s'effectue à l'aide d'une accélération particulière du mouvement nutritif: le sang afflue surabondamment dans la partie blessée qui *s'enflamme*, la combustion nutritive y devient plus rapide, et la température s'y élève. En même temps exsude des vaisseaux sanguins un fluide organisable qui, s'interposant entre les tissus divisés, tend à les réunir. Si ce premier travail ne suffit pas à réparer la lésion produite, une nouvelle période commence, celle de l'inflammation avec production de pus. D'après J. Müller (1), la matière plastique, exsudée pendant l'inflammation et avant l'apparition du pus, serait de la fibrine en dissolution dans le sang; on y voit se former des cellules qui, par un travail analogue à celui duquel résultent les vaisseaux primitifs dans l'œuf, se transforment en vaisseaux nouveaux que Schrœder van der Kolk et Pockels ont pu injecter avec une grande perfection. Ces vaisseaux sont à la fois, les uns des veinules, les autres des artérioles, d'autres enfin, des vaisseaux lymphatiques. La précédente matière organisable est susceptible de réunir les parties divisées, soit en les soudant en masse, soit en rétablissant la continuité entre parties homologues, ce qui est un résultat plus parfait; mais il est assez ordinaire que le tissu nouveau ne jouisse qu'incomplétement des propriétés physiologiques du tissu primitif ou normal. — Sans vouloir entrer ici dans tous les détails de cette question, nous nous bornerons à signaler les principaux faits qui se rapportent à la régénération des nerfs et à celle des os.

La *régénération des nerfs* a été l'objet de nombreuses expériences. Lorsqu'on coupe un cordon nerveux, si l'on a soin de maintenir au contact les deux extrémités, leur réunion a lieu assez rapidement; mais, d'après Arnemann (2), la matière intermédiaire n'aurait pas la même structure que le nerf coupé. Au contraire, Michaelis, Prévost (de Genève), Meyer et Tiedemann, Schwann, Schiff et plusieurs autres, assurent avoir observé la reproduction des fibres nerveuses elles-mêmes.

Cette question, encore controversée aujourd'hui, ne paraît pas pouvoir se résoudre seulement par l'observation du rétablissement de la sensibilité et du mouvement

(*) Le phénomène de la *mue* chez les mammifères et les oiseaux, le renouvellement des dents de lait, la reproduction des bois ou cornes chez les mâles des cervidés, sont des exemples spéciaux de reproduction que nous devons laisser de côté pour l'instant.

(1) *Manuel de physiol.*, trad. de Jourdan, 2e édit., t. I, p. 329.
(2) *Versuche über die Regeneration der Nerven*. Ebend., 1787.

après la cicatrisation des nerfs. Arnemann (1), Haighton (2), Descot (3), Prévost (de Genève), etc. (4), ont recueilli divers exemples du rétablissement plus ou moins complet des propriétés physiologiques dans des nerfs coupés ou même reséqués dans une certaine longueur. Tiedemann (5), ayant divisé dans l'aisselle d'un chien, tous les troncs nerveux de l'un des membres antérieurs, a constaté qu'au bout de huit mois la sensibilité et la motilité avaient notablement reparu dans ce membre, et qu'après vingt et un mois l'animal en avait recouvré le plein et entier usage. Steinrueck (6) a obtenu des effets analogues. Enfin, tout récemment, Philipeaux et Vulpian (7), après avoir fait de nombreuses expériences, relatives à la régénération des nerfs, sur des mammifères (chiens, lapins, cochon d'Inde), et sur des oiseaux (canards et poules), ont obtenu des résultats dont nous allons donner le résumé.

Lorsqu'on enlève, par excision, un tronçon d'un nerf sur un point quelconque de son trajet, ou bien la continuité du nerf se rétablit plus ou moins rapidement, ou bien la brèche ne se répare pas et le nerf demeure interrompu.

Dans le premier cas, et c'est celui qui se présente le plus souvent, la partie périphérique du nerf, après avoir subi l'altération ordinaire, et après avoir perdu ses *propriétés physiologiques* (excitabilité motrice ou sensitive), *se régénère* assez promptement et recouvre ses propriétés perdues. La *fonction* (sensibilité normale ou mouvement spontané), à laquelle préside ce nerf, ne reparaît en général que plus tard.

Dans le second cas, c'est-à-dire lorsque la partie enlevée par l'excision n'a pas été reproduite, de telle sorte qu'il n'y a plus communication entre la portion centrale du nerf et la portion périphérique, cette portion périphérique, après s'être altérée et après avoir perdu ses propriétés physiologiques, peut rester dans cet état pendant un temps plus ou moins long. Mais, si l'animal était jeune (âgé de quelques jours à trois ou quatre mois par exemple) au moment où il a été mis en expérience, la partie périphérique, au bout d'un temps variable (deux mois au moins le plus souvent), passe par les phases d'une *régénération* plus ou moins complète : les tubes nerveux, d'abord peu nombreux, grêles, délicats, devenant facilement variqueux sous l'influence de la moindre pression, *se multiplient progressivement* et reprennent de plus en plus leurs caractères anatomiques normaux. De même que l'altération paraît consister surtout dans la destruction de la matière médullaire des tubes nerveux, de même la régénération semble due principalement, comme l'admettait déjà Schiff, à la reproduction de cette matière médullaire.

En même temps que la restauration anatomique de la partie périphérique du nerf a lieu, cette partie, bien qu'isolée des centres nerveux, récupère concurremment ses *propriétés physiologiques*. L'excitabilité motrice (nerf hypoglosse et nerf sciatique chez les mammifères, nerf médian brachial chez les oiseaux) reparaît, et chaque fois que l'on irrite la partie périphérique du nerf à l'aide d'agents mécaniques ou galvanique, les muscles animés par ce nerf entrent en contraction.

(1) *Ouvr. cit.*
(2) *Phil. Trans.*, 1795.
(3) *Dissert. sur les affections locales des nerfs.* Paris, 1822.
(4) *Ann. des sc. nat.*, 1re série, t. X, p. 168.
(5) Cité par J. Müller, *Manuel de physiol.*, t. I, p. 337, trad. franç.
(6) *De nervorum regeneratione dissert.* Berlin, 1838.
(7) *Comptes rendus de l'Acad. des sciences de Paris*, octobre 1859. — *Mémoires de la Soc. de biologie.* Paris, 1860.

Quant aux tubes nerveux sensitifs (nerf lingual chez le chien, et nerfs mixtes chez les mammifères et les oiseaux), la solution de continuité qui les sépare du bout central du nerf, et par conséquent des centres nerveux, s'oppose à ce qu'on puisse s'assurer de leur état physiologique ; toutefois l'induction permet de penser qu'ils ont repris leur excitabilité sensitive. Si la partie périphérique d'un nerf, quoique séparée des centres nerveux, peut recouvrer ses *propriétés physiologiques*, il est clair que les *fonctions* auxquelles concourt ce nerf n'en demeurent pas moins abolies ; et il en est ainsi tant que la continuité du nerf est interrompue.

Ces faits ont conduit Vulpian et Philipeaux à conclure : 1° que le maintien de la structure normale des nerfs n'est pas soumis d'une façon aussi absolue qu'on le croyait à l'influence du système nerveux central ; 2° que la *motricité* n'est pas une force émanée des centres nerveux, et accumulée dans les nerfs ; mais que c'est une *propriété physiologique* des tubes nerveux eux-mêmes, propriété qui est liée à l'intégrité de la structure et de la nutrition de ces éléments anatomiques.

La *régénération des os* n'a pas moins occupé les physiologistes que celle des nerfs ; mais il n'entre pas non plus dans notre plan de passer en revue tous les travaux entrepris à ce sujet.

On s'est d'abord préoccupé du mécanisme de la réparation des fractures des os, c'est-à-dire de la *formation du cal*, question intéressante étudiée surtout par Haller (1), Troja (2), Kœhler (3), Macdonald (4), Dupuytren (5), J. Weber (6), Breschet (7), Lebert (8), Miescher (9), etc. — Après une fracture, le tissu cellulaire ambiant, les muscles mêmes et surtout le *périoste*, se gonflent sous l'influence d'une vive inflammation ; l'exsudation plastique, qui en est la conséquence, soude entre elles ces diverses parties molles, et entoure les fragments osseux d'une sorte de capsule dans laquelle s'organise un tissu nouveau, en même temps que le tissu médullaire de l'os, par une exsudation analogue, se confond avec ce tissu nouveau. Celui-ci, à mesure que les parties molles reviennent à leur état primitif, prend une texture fibreuse qui détermine une première réunion des fragments. Cependant le tissu osseux lui-même s'est enflammé à son tour, et laisse exsuder aussi une matière plastique qui s'ossifie au contact de l'os, et de proche en proche à partir de ce contact. Il s'est donc ainsi produit deux tissus nouveaux, le cal fibreux et le cal osseux ; ces deux tissus se fusionnent peu à peu et ne forment, avec le temps, qu'une seule et même masse solide recouverte par un périoste épaissi. Le cal osseux commence à se produire sur les débris de l'os fracturé, dans les points où le périoste y adhère encore : en effet, cette membrane fibreuse paraît jouer là un rôle prépondérant, et *reproduire* véritablement le tissu osseux comme elle l'a produit lors de la formation primitive de l'os. Cette opinion, à laquelle des travaux récents sont venus donner la plus grande valeur, a été soutenue d'abord par Duhamel, puis par Schwenke, Bordenave, Blumenbach, Kœhler, Dupuytren, Boyer, etc. J. Müller, néanmoins, la traite de théorie antiphysio-

(1) *Elem. physiol.*, t. VIII, p. 345.
(2) *De novorum ossium regener. experim.* Paris, 1775.
(3) *Experim. circa regenerat. ossium.* Gœttingue, 1786.
(4) *De necrosi et callo.* Edimbourg, 1799.
(5) *Dict. des sc. méd.*, t. XXXVIII, p. 434.
(6) *Nov. act. nat. cur.*, 12, 2.
(7) *Rech. expérim. sur la form. du cal.* Paris, 1842.
(8) *Ann. de la chirurgie*, 1844, t. X, p. 129.
(9) *De inflammatione ossium.* Berlin, 1836.

logique (1), et invoque contre elle les noms de Haller, Sœmmerring, Scarpa, etc. D'après J. Müller, le périoste n'aurait d'autre rôle, dans la formation et dans la reproduction des os, que de leur fournir le sang dont ils ont besoin. Cependant, à l'époque où J. Müller se prononçait aussi nettement contre les idées de Duhamel, en ce qui concerne le pouvoir régénérateur du périoste, Flourens (2) en démontrait l'exactitude à l'aide de ses expériences, et Syme (3) les défendait en Angleterre.

Dans un travail récent, L. Ollier (4) a jeté un jour nouveau sur cette question qui a pris, au point de vue chirurgical, une réelle importance. Ce qui distingue le travail de L. Ollier, c'est d'avoir démontré la faculté reproductrice du périoste à l'égard des os, *en transplantant* cette membrane dans le but de voir si, en dehors des conditions normales, elle pourrait encore produire du tissu osseux : le succès fut complet, et mit de plus en plus hors de doute la vérité de la théorie de Duhamel. L'auteur a résumé lui-même dans les termes suivants les principaux résultats qu'il a obtenus :

« *La production de l'os continue à la face profonde du périoste transplanté* ; partout où l'on peut greffer cette membrane, on obtient des os nouveaux adhérents à l'os auquel le périoste a été emprunté, ou tout à fait indépendants, selon que le lambeau périostal a été laissé continu au reste du périoste par une de ses extrémités, ou qu'il a été complétement détaché. — Les os ainsi obtenus ne sont pas seulement des concrétions informes de matières calcaires ; ce sont de véritables os, constitués par les éléments anatomiques qui caractérisent le tissu osseux... Le nouvel os se développe dans le blastème sous-périostal qui existe normalement à la face profonde du périoste. Cette proposition se démontre par l'examen du développement de l'os nouveau et par l'expérimentation ; l'ablation de cette couche de blastème supprime ou du moins arrête, pour un temps plus ou moins long, la production de l'os. — Le blastème est spécialement constitué par des noyaux libres ou inclus dans les cellules, baignant dans une matière semi-liquide transparente ou finement granuleuse, et mêlés à une plus ou moins grande quantité d'éléments fibrillaires. Ces divers éléments se développent et se multiplient dans l'exsudat primitivement amorphe fourni par les capillaires du périoste. — On rencontre généralement une substance cartilagineuse quand on observe le produit sous-périostal dans les premiers jours qui suivent la transplantation, mais l'accroissement de l'os nouveau se fait sans l'intermédiaire de cet élément. Ce cartilage d'ailleurs diffère par la configuration et la disposition des éléments anatomiques du cartilage épiphysaire normal. — L'os, dont on enlève un lambeau de périoste, présente au bout d'un certain temps, au niveau de la partie dénudée, une membrane analogue. — *Lorsqu'on enlève un os ou un fragment d'os en conservant le périoste*, c'est-à-dire, en laissant dans la plaie cette membrane adhérente aux parties qui l'entourent normalement, *on voit*, au bout d'un certain temps, *cet os ou cette portion d'os plus ou moins parfaitement reproduits*. La régénération est en certains cas très complète. Les parties molles environnantes ne peuvent pas suppléer le périoste ; elles ne servent pas directement à l'ossification. La reproduction

(1) *Ouvr. cit.*, t. I, p. 333 et p. 341.
(2) *Théorie expérimentale de la formation des os.* Paris, 1847.
(3) *On the Power of the Periosteum to form new Bones*, etc. Edinburgh, 1848.
(4) *Rech. expérim. sur la production artificielle des os, etc.* (*Journal de la physiol. de l'homme et des animaux* année 1859, p. 1 et 170).

de l'os est proportionnelle à la quantité de périoste laissée dans la plaie. Toute l'épaisseur d'un os étant enlevée, *on ne doit compter que sur cette membrane pour la reproduction des parties extirpées.* — Après la résection des extrémités articulaires de deux os contigus, il se reforme une nouvelle articulation, si l'on a laissé la capsule et les ligaments se continuer de part et d'autre avec le périoste des os reséqués. Les deux extrémités osseuses se régénèrent isolément (*). »

La physiologie expérimentale, en révélant de pareils faits, semble ouvrir à la chirurgie une voie nouvelle, féconde en espérances que viendra sans doute réaliser l'avenir.

IX. — Nous n'avons considéré jusqu'ici que les effets de l'ingestion de substances propres à concourir directement ou indirectement à la *nutrition.* S'il est d'autres substances qui lui demeurent étrangères, il en est aussi d'autres qui la modifient plus ou moins profondément de façon à pouvoir, suivant leurs quantités, agir comme *médicaments* ou comme *poisons.*

La science ne possède encore que trop peu de notions certaines sur les actes intimes de la nutrition, pour être en mesure d'expliquer le mode d'action de ces matières médicamenteuses ou toxiques. Toutefois Liebig (1) a abordé cette difficile question en rattachant sa théorie relative à ce sujet, à d'autres théories précédemment exposées sur les sécrétions et sur la mutation des tissus dans la nutrition. Nous n'avons pas à suivre de nouveau le célèbre professeur de Giessen dans ses inductions hardies et ses spéculations chimico-physiologiques ; il nous faut actuellement signaler un travail de Mialhe sur le même point.

Mialhe (2) a émis, sur l'action des médicaments et des poisons, des considérations qui ont de l'analogie avec les idées de Liebig, mais qui sont moins éloignées des faits observables, par cela même qu'elles n'ont pas la prétention de pénétrer aussi profondément dans l'intimité du mécanisme de la nutrition. D'après Mialhe, tous les agents médicamenteux et toxiques agiraient de quatre manières principales : — les uns, en arrêtant la circulation du sang ; — les autres, en activant cette circulation ; — ceux-ci, en empêchant les réactions chimiques qui peuvent se passer dans le sang ; — ceux-là enfin, en produisant dans le sang des réactions chimiques anormales.

Les substances qui agissent *en arrêtant la circulation du sang* sont : d'une part, celles qui provoquent la coagulation des matières protéiques liquides que renferme ce liquide (alcool, matière vénéneuse des champignons, créosote, perchlorure de fer, alun, acide nitrique, etc.) ; et, d'autre part, celles qui ont pour effet de précipiter un corps insoluble dans le sang (sels solubles de chaux, de strontiane et surtout de baryte, etc.). Dans l'un et l'autre cas, la présence anormale d'une matière solide dans le liquide sanguin détermine, suivant Mialhe, une obstruction des vaisseaux capillaires, qui, en retardant le cours de ce liquide, peut modifier son action nutritive, ou même l'entraver de façon à provoquer des désordres funestes.

(*) Consultez, à ce sujet, le remarquable mémoire de Alb. Wagner, intitulé : *Ueber den Heilungsprozess nach Resection und Exstirpation der Knochen, mit vier Kupfertafein*, in-8, 115 pages. Berlin, 1853 (trad. franç. dans *Arch. gén. de méd.*, 5e série, t. II, t. III et t. V, 1853, 1854 et 1855).

(1) *Chimie organique appliquée à la physiologie animale et à la pathologie*, traduct. de Ch. Gerhardt. Paris, 1842, p. 180 et suiv.

(2) *Chimie appliquée à la physiologie et à la thérapeutique*, p. 571 et suiv. Paris, 1856.

Les substances capables d'*activer la circulation capillaire* sont, en général, celles qui augmentent la fluidité du sérum du sang : c'est ce que Poiseuille a constaté pour l'acétate d'ammoniaque, le nitrate de potasse, le nitrate d'ammoniaque, l'iodure et le bromure de potassium.

Le troisième mode d'action est celui d'un plus grand nombre de substances : il consiste en une *modification des réactions chimiques*, et principalement des phénomènes d'*oxydation* dont le sang est le siége. — 1° L'oxygène du sang, étant simplement déplacé, l'oxydation intravasculaire est suspendue et les phénomènes de la vie sont interrompus pareillement ; la mort survient du moment que cette suspension est trop prolongée : ainsi agissent les anesthésiques, tels que l'éther sulfurique, le chloroforme, etc. — 2° L'oxygène que contient le sang est fixé par la substance introduite dans ce liquide, et de leur union résulte un nouveau composé plus ou moins toxique : les huiles volatiles, l'hydrogène sulfuré, le sélénié, l'arsénié, sont dans ce cas. Ils suspendent l'oxydation vitale ou combustion nutritive, en absorbant l'oxygène, et troublent en outre par la formation de nouveaux produits les réactions normales ; la malignité de l'hydrogène arsénié tiendrait alors aux propriétés toxiques de l'acide arsénieux, qui est un des produits de son oxydation. — 3° Enfin, il est certaines substances qui arrêtent plus ou moins brusquement l'hématose, peut-être, dit-on, par une influence du genre de celles qu'on rapporte à la force catalytique : tels sont l'acide cyanhydrique, d'après Millon, l'acide arsénieux ; l'émétique, etc. Le mode d'action de ces substances reste des plus obscurs : tout porte à croire, dit Mialhe, que c'est en entravant les phénomènes d'oxydation que l'émétique et l'acide arsénieux développent leurs propriétés thérapeutiques et toxiques.

Le même observateur fait une quatrième classe de substances qu'il caractérise assez vaguement en leur attribuant *la production dans le sang de réactions chimiques anormales* : ne sachant d'ailleurs comment définir ces réactions, il les compare à celles que provoquent les ferments. Les substances dont il s'agit sont : le venin de serpent, les virus de la rage, de la morve, de la syphilis, de la variole, de la vaccine, etc.

Le précédent travail de Mialhe a surtout l'avantage de coordonner assez simplement le petit nombre d'idées que jusqu'ici on puisse émettre à cet égard, sans entrer dans des hypothèses trop aventureuses. L'auteur admet implicitement, comme principe, que les médicaments et les poisons n'agissent sur l'organisme que par l'intermédiaire du sang. Nous ne sommes nullement disposé à contester cette opinion, bien que plusieurs physiologistes l'aient rejetée, en prétendant que la vie a pour effet de priver de ses propriétés physico-chimiques toute substance qui entre dans l'organisme, et de lui en donner de nouvelles. Une telle assertion, excluant de la question toxicologique et thérapeutique toutes les notions de physique et de chimie, réduit le physiologiste à constater ce qu'il peut connaître directement de l'action des médicaments et des poisons, et lui interdit de tenter d'en élever aucune théorie. On ne saurait consentir à fermer ainsi aux spéculations et aux investigations expérimentales une voie qui tôt ou tard pourrait être féconde, ainsi que l'ont annoncé plus ou moins explicitement Lavoisier, Dumas, Liebig, etc., dans leurs travaux de chimie appliquée aux phénomènes des corps vivants, et il est assurément permis de croire que si l'on doit un jour expliquer le mode d'action de certains médicaments et de certains poisons, c'est par le concours de con-

naissances exactes et étendues, d'une part, sur les phénomènes de la nutrition, d'autre part, sur les réactions chimiques des matières constitutives du sang et des principes constitutifs de nos organes.

X. — Il nous reste à passer en revue diverses conditions qui peuvent avoir de l'influence sur les actes intimes de la nutrition

A. — Quelles que soient les divisions que l'on adopte relativement aux âges de la vie de l'homme ou des animaux, on peut, au point de vue de la nutrition, admettre dans leur existence trois grandes périodes : 1° une *période d'accroissement* comprenant l'enfance et la jeunesse ; 2° une *période* dite *d'état* ou *d'entretien*, comprenant l'âge adulte ; 3° une *période de décroissance*, comprenant la vieillesse et la décrépitude.

La première période est caractérisée par une augmentation de poids qui suppose, comme résultat essentiel du travail nutritif, une augmentation de matière par fixation de substances nouvelles dans l'organisme, c'est-à-dire une prédominance des acquisitions sur les pertes. La deuxième période, celle de l'âge adulte, pendant laquelle se maintiennent à peu près le poids du corps, son volume et ses formes générales, suppose nécessairement une compensation exacte des acquisitions par les pertes éprouvées. Enfin, dans la troisième période, l'individu, à mesure qu'il avance en âge, doit voir augmenter la proportion des pertes aux acquisitions, puisque en général son corps diminue peu à peu et d'une façon d'autant plus rapide qu'il vieillit davantage. — Pour exprimer, d'une manière simple, ces conditions du travail nutritif, on a dit que la nutrition, se composant de deux mouvements généraux, celui de *composition* et celui de *décomposition*, les trois précédentes périodes de la vie de l'homme ou des animaux correspondaient aux relations variables et réciproques de ces deux mouvements : on voit, dans la période d'accroissement, le mouvement de composition prédominer sur celui de décomposition ; la période de décroissance offre un rapport inverse, le mouvement de décomposition prédominant à son tour ; enfin l'âge moyen ou adulte doit son état stationnaire à une égale intensité des deux mouvements de composition et de décomposition.

Les différences que présente, suivant les âges, la nutrition d'un même animal ou d'un individu de l'espèce humaine, tiennent d'abord à cette influence mystérieuse par laquelle s'épuise peu à peu la force initiale qui, aux premiers temps de la vie, a créé les organes; elles tiennent en outre aux modifications mêmes que ces organes éprouvent par leur propre jeu et par l'accumulation des effets de l'activité vitale. Ce second ordre de causes est plus accessible que l'autre à nos observations, et tous les anatomistes ont constaté les différences de structure, de consistance, de composition, de propriétés physiologiques que l'âge apporte dans un même organe. On peut dire qu'en général ces différences consistent dans une augmentation de la proportion des matériaux solides de nature organique ou de nature minérale : à l'âge adulte, cette augmentation donne aux tissus des organes plus de consistance et plus de vigueur ; pendant l'enfance et la jeunesse, la prédominance des fluides dont les organes sont imprégnés ou traversés, rend plus rapides les phénomènes de circulation, de mutations chimiques dans les tissus, en même temps que ceux-ci ont une texture plus molle, une consistance moins grande ; enfin l'organisme des vieillards semble s'incruster peu à peu de matières

solides, de façon que les fluides se meuvent avec une difficulté toujours croissante au milieu de tissus de plus en plus solidifiés.

Le résultat essentiel de la nutrition, pendant l'enfance et la jeunesse, c'est l'*accroissement*. Nous croyons devoir donner ici quelques indications à cet égard, au moins en ce qui concerne l'espèce humaine. Au moment de sa naissance, l'enfant, dans les conditions normales, mesure en moyenne 50 centimètres de longueur et pèse environ 3 kilogrammes et demi. La crise que le moment de la naissance détermine, chez l'enfant, est signalée, d'après quelques observateurs, par un arrêt très court dans l'accroissement. Quételet avait déjà fait observer que le poids de l'enfant diminue pendant les premiers jours qui suivent la naissance; et, d'après lui, l'accroissement ne reprend son cours qu'après la première semaine. Burdach (1) cite des observations faites sur sept enfants, et d'après lesquelles le nouveau-né perdrait environ 140 grammes de son poids pendant les quatre premiers jours. Schwartz (2) a néanmoins observé un enfant à la mamelle, qui, pendant la première semaine, augmenta de 37 millimètres en longueur et de 750 grammes en poids; mesuré pendant chacun des neuf premiers mois, son accroissement donna les résultats suivants :

	Millimètres.	Grammes.
1er mois	56	6735
2e mois	27	1125
3e mois	15	187
4e mois	23	750
5e mois	13	375
6e mois	15	250
7e mois	26	375
8e et 9e mois	34	625
Accroissement total en 9 mois	209	10422

Mende (3) a fait des observations sur le développement comparatif des diverses parties du corps pendant la première enfance, observations dont voici quelques résultats : — Le crâne se développe plus que la face avant l'éruption des dents, mais ce dernier phénomène donne ensuite la prépondérance au développement de la face; — le tronc augmente un peu moins rapidement en longueur que tout l'ensemble du corps; — le rapport de la longueur du tronc à celle du corps, au moment de la naissance, est de 100 à 225; tandis qu'à 9 mois ce rapport serait celui de 100 à 244. Les membres inférieurs ont surtout profité de cet accroissement, mais les supérieurs en ont eu aussi leur part.

Pendant la seconde année, suivant Burdach (4), l'enfant s'allonge en moyenne de 78 millimètres; de 52 environ pendant la troisième, de la même quantité pendant la quatrième et aussi pendant la cinquième, de 26 millimètres pendant la sixième, et de 50 environ pendant la septième année. D'après les calculs de Quételet, l'accroissement de l'homme serait représenté par les chiffres suivants :

(1) *Traité de physiologie*, trad. de Jourdan, t. IV, p. 454.
(2) *Erziehungslehre*, t. III, p. 314 et suiv.
(3) *Ausführliches Handbuch der gerichtlichen Medicin*, t. II, p. 314, et t. IV, p. 68 et 72.
(4) *Ouvr. cit.*, t. IV, p. 463.

AGE.	GARÇONS. LONGUEURS. Centimètres.	GARÇONS. POIDS. Kilogrammes.	FILLES. LONGUEURS. Centimètres.	FILLES. POIDS. Kilogrammes.
2 ans.....	69,5	12,108	68,4	11,387
3 ans.....	75,8	14,310	74,6	12,593
4 ans.....	81,5	15,192	80,4	13,887
5 ans.....	86,8	16,841	85,6	15,341
6 ans.....	89,6	18,418	74,6	17,093
7 ans.....	97,6	20,403	95,3	18,748
10 ans.....	112,0	26,201	109,7	25,124
15 ans.....	135,6	46,701	131,6	43,217

A vingt ou à vingt-deux ans, l'accroissement peut en général être considéré comme à peu près terminé, et la taille est en moyenne de 1^{m},447 chez l'homme et de 1^{m},358 chez la femme ; le poids moyen est de 65 kilogrammes pour le premier et de 63 environ pour la dernière.

La nutrition, pendant la durée de cet accroissement, a développé les divers organes, non pas d'une façon égale et en quelque sorte proportionnelle, mais chacun selon son rôle à tel ou tel âge. Plus tard, en traitant de la *génération*, nous préciserons les faits de développement qui caractérisent chaque âge, et les différences que présentent à chaque période les diverses fonctions de la vie.

Ce serait une étude longue à faire que celle où l'accroissement des espèces serait observé d'une manière générale chez les principaux types des divers groupes du règne animal, de façon à réunir sur chacune d'elles au moins les renseignements que l'on possède jusqu'ici sur l'espèce humaine. Cette étude, qui a été à peine ébauchée sur quelques points, conduirait sans doute à découvrir plusieurs lois nouvelles et curieuses sur le développement.

B. — En essayant d'indiquer à présent quelle influence les habitudes et diverses circonstances extérieures peuvent exercer sur les résultats de la nutrition, nous avons surtout en vue l'espèce humaine, qui jouit seule du privilége de modifier par sa propre volonté ses conditions d'existence ou celles des animaux qu'elle associe à sa destinée. L'étude particulière et générale des fonctions de la nutrition nous a montré que l'organisme de l'homme et les organismes des animaux supérieurs sont en échange continuel de matériaux avec le monde extérieur, et qu'ils ne peuvent s'entretenir qu'à cette condition. C'est principalement à l'aide de l'*alimentation*, de la *respiration*, des *excrétions* et des *exhalations* de tous genres que cet échange s'opère.

Les habitudes diverses des individus introduisent dans leur *alimentation* des différences qui ont sur la nutrition une influence incontestée : déjà, à propos de l'étude des aliments, nous avons indiqué le rôle de chacun d'eux ; mais ce qui ressort évidemment de tous les faits recueillis par les observateurs, c'est qu'un système donné d'alimentation produit des effets différents dans tel ou tel climat, chez un individu occupé de telle ou telle manière, vivant habituellement dans une atmosphère sèche ou humide, etc. Il est clair, en effet, qu'un régime alimentaire déterminé n'a pas toujours le même emploi dans la nutrition : le froid, l'activité physique qui accélèrent la respiration et l'excrétion urinaire, la sécheresse de l'atmosphère qui augmente l'exhalation aqueuse, prélèvent une part plus grande sur la matière alimentaire pour la restituer immédiatement au dehors ; au con-

traire, une douce température, l'inertie physique, l'humidité de l'atmosphère, atténuent les précédents phénomènes d'élimination et tendent à encombrer l'organisme d'un excédant de matériaux nutritifs. Ainsi, dans l'Orient, la vie paresseuse des femmes, l'abus des bains réitérés et la douceur extrême du climat ou des températures artificielles où elles se maintiennent habituellement, amortissent de la façon la plus marquée l'activité nutritive, développent un embonpoint précoce, donnent aux tissus une consistance molle et lâche, rendent l'appétit presque nul et finissent par amoindrir sensiblement l'activité intellectuelle. Les populations du Nord ou des parties élevées des montagnes offrent un spectacle tout opposé : leur alimentation est abondante, riche en matières grasses et souvent complétée par l'usage des liqueurs alcooliques ; à ce prix, elles peuvent fournir une énergie considérable et un travail soutenu. Elles ne sauraient même se soustraire à la plupart de ces conditions, car le froid qui les environne accélère leur respiration et entraîne nécessairement une accélération correspondante dans tout le travail nutritif. Si le froid n'est pas excessif, leur corps, sous la double influence d'une alimentation copieuse et d'une grande activité musculaire, prend un développement remarquable et atteint les plus grandes proportions que l'on observe chez l'homme. Les animaux domestiques, soumis aux mêmes influences, en éprouvent les mêmes effets, de telle sorte que les races flamandes ou suisses, par exemple, se font remarquer par leur haute taille non-seulement dans l'espèce humaine, mais encore dans les espèces bovine, chevaline, etc.

Dans les contrées chaudes des tropiques ou de l'équateur, une respiration moins active restreint les besoins de l'alimentation, rend la nutrition moindre, mais, par cela même, moins efficace pour permettre un travail musculaire soutenu et pour accroître l'amplitude des formes corporelles. En vain, par un effort de la volonté, tenterait-on de lutter contre cette influence au delà de certaines limites : une sueur habituelle, en inondant la surface du corps, provoque une déperdition considérable d'eau et de substances empruntées aux tissus; les organes débilités, et faiblement excités par un sang où l'hématose se fait lentement, ne peuvent sans inconvénient supporter une alimentation abondante. Des désordres graves, parmi lesquels figurent en première ligne des altérations du foie, ne tardent pas à révéler une sorte d'encombrement dans l'organisme, réclament impérieusement le retour à un régime approprié au climat, ou punissent inévitablement une persistance opiniâtre dans des habitudes antihygiéniques. « L'Anglais, dit Liebig (1), voit avec regret son appétit, qui lui procure des jouissances souvent renouvelées, se perdre à la Jamaïque, et ce n'est qu'à l'aide d'excitants énergiques, avec du poivre de Cayenne par exemple, qu'il réussit à y prendre la même quantité de substances alimentaires que dans son pays. Mais le carbone de ces substances ne trouve aucun emploi dans le corps, car la température de l'air est trop élevée; la chaleur énervante du climat empêche le corps d'augmenter le nombre des inspirations par un mouvement soutenu, et conséquemment de mettre une proportion suffisante d'oxygène en rapport avec les matières consommées. »

En arrêtant sa pensée sur ces rapports multiples de la nutrition avec les climats, les mœurs, les occupations, etc., on entrevoit quelques-unes des causes qui maintiennent de si profondes différences entre les races des contrées chaudes et

(1) *Chimie organique appliquée à la physiologie animale*, trad. de Jourdan, p. 25.

celles des pays froids. L'invasion du v^e^ siècle a eu beau jeter en Italie, en Espagne, en Barbarie, des populations germaniques, les traits distinctifs de ces populations septentrionales ont disparu sous le ciel du Midi, et la race locale a conservé son type sous l'influence des causes qui l'avaient développé, et qui, avec le temps, y ramènent tout élément nouveau importé d'ailleurs.

Ces considérations, qu'il n'y a pas lieu de poursuivre ici, mèneraient à rechercher quelle part on peut assigner aux modifications subies par la nutrition, dans la production des caractères extérieurs des races humaines. Les mœurs des peuples chasseurs de l'Amérique du Nord, profondément différentes de celles des peuples pasteurs de l'Asie centrale, ont introduit dans les phénomènes de nutrition des différences qui, par exemple, expliqueraient peut-être pourquoi les formes extérieures de ces deux groupes d'individus sont si distinctes. Ne serait-ce point aussi une modification du mécanisme nutritif qui aurait pourvu la peau des nègres d'une si forte proportion de pigmentum, et altéré si profondément la texture du système pileux ? Le Blanc, vêtu et abrité selon les ressources d'une civilisation inconnue au Nègre, ne subit pas exactement sous le même climat les mêmes influences que lui, et ne verrait sans doute pas sa race se modifier, avec le temps et les générations, de la même façon que s'est modifiée la race noire ; mais, à coup sûr, le Blanc subirait aussi ces influences à sa manière, quand bien même des mélanges nombreux ne confondraient pas le sang de ces deux types d'une même espèce.

Ces questions rentrent dans le domaine de l'anthropologie, de l'hygiène et de la zoologie, qui, en les traitant, ne sauraient guère se passer d'emprunter à la physiologie ses notions sur les actes intimes de la nutrition.

XI. — Quant à l'*influence du système nerveux sur la nutrition*, nous croyons devoir réserver l'étude de ce problème pour le moment où nous nous occuperons aussi de déterminer les rapports du même système avec la *calorification* et les *sécrétions*.

DE LA CHALEUR ANIMALE

Les êtres vivants, animaux ou végétaux, présentent, en vertu de leur organisation et sous l'influence de la vie, un certain nombre de phénomènes qui, de prime abord, tendraient à les faire regarder comme étant soustraits à l'empire des lois physiques. Dans ce nombre, un des plus curieux, sans contredit, est l'existence d'une *chaleur propre*, c'est-à-dire plus ou moins indépendante de la température du milieu environnant.

Cette chaleur propre, qui, chez l'homme, oscille dans des limites fort restreintes en deçà et au delà de 37 degrés centigrades, lui permet de supporter tour à tour les rigueurs de l'hiver et les ardeurs de l'été ; de passer rapidement de l'équateur au pôle ; de se transporter, en quelques heures, d'un sol brûlant sur des sommets couverts de neiges éternelles, et même, en quelques minutes, d'atteindre, en ballon, les plus hautes et les plus froides régions de l'atmosphère, où la vie soit possible. Elle lui donne la faculté, chose à peine croyable, d'affronter des températures capables de le désorganiser, s'il n'était protégé par les moyens mêmes à l'aide desquels cette chaleur propre se maintient en lui à un degré à peu près constant : ainsi, il pourra séjourner dans un four jusqu'à parfaite coction de certains aliments qu'il y a introduits en même temps que lui ; parcourir des espaces envahis par les flammes ou couper avec la main un jet de bronze ou de fonte en fusion, etc. ; et, par opposition, il pourra aussi vivre et fonctionner régulièrement dans des climats où le *froid* serait capable de congeler tous les liquides organiques et où son intensité met à toute végétation un obstacle insurmontable.

Une faculté aussi remarquable, se développant sous l'influence de la vie, doit se retrouver et se retrouve en effet à des degrés divers, dans tous les êtres vivants, même chez les végétaux : mais c'est seulement chez l'homme qu'elle existe avec l'énergie et l'étendue que nous venons d'indiquer.

Elle a, de tout temps, appelé l'attention et provoqué les méditations des observateurs. A quelque époque que l'on remonte dans l'histoire des sciences naturelles, on voit qu'ils ont appliqué tous leurs efforts et toute leur sagacité à l'étude de ce phénomène. Si leurs tentatives pour en pénétrer le mystère sont restées impuissantes, il faut en rechercher la cause dans l'état où se trouvaient alors les sciences physico-chimiques.

C'est seulement de nos jours que cet important problème a pu être abordé avec succès, et le même génie créateur, qui a ouvert à la chimie une voie nouvelle, a pu déduire de ses expériences les principes d'une solution tant de fois et si vainement cherchée avant lui.

La théorie proposée par Lavoisier pour expliquer la production de la *chaleur animale* est encore aujourd'hui la plus rationnelle que la science possède : si les travaux de ses successeurs l'ont modifiée dans quelques détails secondaires, ils ne

l'ont point ébranlée dans ce qu'elle a d'essentiel, et l'on peut toujours la regarder comme un des plus beaux titres de gloire de son immortel auteur.

Dans l'étude à laquelle nous allons nous livrer, nous adopterons l'ordre suivant : Appréciation thermométrique de la chaleur propre aux êtres vivants; — différences que cette chaleur présente dans les diverses classes d'animaux et dans les plantes; —variations dont elle est susceptible dans l'état de santé, notamment chez l'homme; — altérations qu'elle peut subir sous l'influence de la maladie; — aperçu historique des travaux et des théories dont elle a été l'objet.

Quant aux *sources de la chaleur animale*, elles seront nécessairement examinées surtout à propos de cette dernière étude.

I. — Les recherches thermométriques que l'on pratique sur les animaux ont pour but tantôt d'apprécier la température d'un point déterminé de la surface extérieure du corps ou même celle de parties profondément situées, et tantôt, au contraire, d'évaluer la quantité de chaleur dégagée par l'animal tout entier pendant un certain laps de temps, abstraction faite de la température de tel ou tel point considéré isolément.

Nous réunirons sous le nom de *thermométrie* tout ce qui est relatif à l'appréciation de la chaleur locale, et nous réserverons celui de *calorimétrie* à l'examen des procédés tant directs qu'indirects qui servent à mesurer la totalité de la chaleur émanée d'un animal dans un temps donné.

Pour apprécier, chez l'homme et chez la plupart des vertébrés, la température locale d'un organe extérieur ou intérieur, on a recours le plus souvent au thermomètre ordinaire, dont il suffit de suivre la marche ascendante ou descendante, jusqu'au moment où il devient stationnaire.

Le choix de l'instrument est soumis à quelques conditions qui peuvent être résumées ainsi :

On doit préférer un thermomètre à mercure (1); à division centigrade (2)

(1) Cette préférence est fondée sur ce que ce métal est toujours homogène, inaltérable par voie de décomposition, bon conducteur de la chaleur, pour laquelle il n'a qu'une faible capacité, et sur ce qu'enfin il se dilate proportionnellement à la température entre 0° et 100°.

(2) Le thermomètre centigrade ou de *Celsius*, bien qu'infiniment plus commode que les autres, n'est pas universellement adopté : il importe donc, pour l'intelligence des auteurs qui ne l'ont pas employé, et aussi afin d'arriver à des résultats comparables, de savoir transformer en degrés centigrades les indications des thermomètres de *Réaumur* et de *Fahrenheit*.

Pour le premier, cette opération est extrêmement simple : les deux points fixes sont, comme pour le thermomètre centigrade, la *glace fondante* et l'*eau bouillante*, mais avec cette différence que l'intervalle qui sépare ces deux termes s'y trouve partagé en 80 parties ou degrés, au lieu de 100 : il suffit donc d'ajouter à une indication exprimée en degrés de *Réaumur* le quart de sa valeur, pour la transformer en degrés *centigrades*. Ainsi, 12° R. équivalent à 15° c.; 40° R. à 50° c.; 80° R. à 100° c.

Le thermomètre de *Fahrenheit* n'a qu'un point fixe de commun avec le thermomètre *centigrade* : c'est celui de l'eau bouillante, qui y porte le chiffre 212. — Le *zéro* de cet instrument est obtenu par un mélange de neige et de sel marin à proportions déterminées. — Le terme de la *glace fondante*, mesuré avec ce thermomètre, arrive quand le mercure atteint 32 degrés : par conséquent, entre la *glace fondante* et l'*eau bouillante*, on compte 212° moins 32°, c'est-à-dire 180°. Ces 180° équivalant aux 100° qui, dans notre échelle thermométrique, séparent les deux termes précités, chacun d'eux a une valeur égale aux 5/9es du degré centigrade.—Ceci posé, pour transformer une indication du thermomètre de Fahrenheit en degrés centigrades, il suffit de multiplier par 5 le nombre de degrés *supérieurs* ou *inférieurs* à 32, et de diviser par 9 le produit obtenu : il y a seulement cette différence dans le résultat, que, si l'on opère sur une indication Fahrenheit supérieure à 32°, le chiffre trouvé répond à une valeur *positive* ou marquée du signe +; si, au contraire,

gravée sur la tige. — La longueur totale de l'instrument ne dépassera guère 25 centimètres (1); chaque division ou degré mesurera 5 à 10 millimètres (2) et le réservoir sera très petit (3). — Enfin, ce thermomètre devra être construit depuis assez longtemps, avant d'être divisé et mis en usage (4).

Avec un pareil thermomètre, les observations se réduisent à la simple lecture des indications.

Veut-on une précision plus grande, il faut recourir à des instruments plus parfaits, dont l'emploi nécessite, pour chaque observation, un petit calcul de transformation des résultats obtenus en degrés du thermomètre centigrade. — Ces instruments sont les thermomètres à *échelle arbitraire* (5) et les thermomètres *métastatiques* de Walferdin (6).

l'indication qu'il s'agit de transformer est inférieure à 32°, terme, comme nous l'avons dit, de la *glace fondante*, le chiffre obtenu représente une valeur *négative*, c'est-à-dire, marquée du signe —.

Voici quelques exemples : 1° On a + 86° F., c'est-à-dire, 54° *au-dessus* de 32 : 54 × 5 = 270, qui, divisé par 9 = 30. — + 30° c. répondent, en effet, à 86° F.

2° Soit 14° F., c'est-à-dire 18° *au-dessous* de 32 : 18 × 5 = 90, qui, divisé par 9 = 10. — Ce chiffre de — 10° c. est l'équivalent de + 14° F.

3° Enfin, — 4° F. se trouvent à 36° F. *au-dessous* de la *glace fondante :* en opérant comme plus haut, on a 36 × 5 = 180, qui, divisé par 9 = 20 ; d'où — 20° c. équivalent à — 4° F.

(1) Pour les observations physiologiques et pathologiques, on n'a besoin que de la portion de l'échelle thermométrique voisine de celle qui répond à la température moyenne et normale de l'animal en expérience. Ainsi, cette température oscillant, chez l'homme, entre 36°,50 et 37°,50, l'instrument destiné à en apprécier les variations peut être réduit à la portion d'échelle comprise entre 25 et 50 degrés. — On voit, d'après cela, qu'un seul et même thermomètre ne peut pas servir pour toutes les recherches.

(2) La longueur du *degré* dépend du rapport qui existe entre la capacité du réservoir et le diamètre intérieur de la tige du tube : comme le réservoir doit lui-même être très petit, pour les raisons énumérées dans la note suivante, le diamètre du tube ne peut être qu'extrêmement fin. — Avec les longueurs limites assignées ci-dessus, il est facile d'apprécier à l'œil nu les variations de température à un *dixième* de degré près.

(3) A cette condition sont liées la sensibilité de l'instrument et l'exactitude des observations : il faut, en effet, que l'équilibre de température s'établisse promptement entre le thermomètre et le milieu environnant ; et de plus, la déperdition de chaleur qui en résulte pour ce dernier ne doit pas être assez notable pour altérer les résultats observés.

(4) DESPRETZ a prouvé, que le *zéro* du thermomètre à mercure est un point sans cesse oscillant. La cause la plus puissante de ce phénomène réside dans la réaction moléculaire consécutive au soufflage du verre et à l'ébullition du mercure. Il suffit donc, pour en atténuer les effets de manière à les rendre négligeables dans les recherches dont il s'agit, de n'y employer que des thermomètres préparés assez longtemps à l'avance, pour que le mouvement de retrait causé par le refroidissement du verre soit à peu près terminé quand on procédera à la division de la tige. Il serait encore plus sûr de vérifier fréquemment la position du *zéro* de l'instrument dont on fait habituellement usage, en le plongeant dans la glace fondante.

(5) Dans le thermomètre à *échelle arbitraire*, la division n'indique que des fractions de la capacité intérieure de la tige, aussi égales entre elles qu'il est possible de les obtenir, mais n'ayant qu'une relation indirecte avec les *points fixes* du thermomètre ordinaire.

On établit cette relation à chaque expérience ou série d'expériences exécutées dans un laps de temps peu considérable ; puis, on interprète les indications observées. — Supposons, par exemple, que, dans un semblable thermomètre, toutes corrections faites, l'intervalle entre la *glace fondante* et l'*eau bouillante* comprenne 900 divisions, et que la température observée se trouve indiquée par 297 divisions au-dessus du terme de la *glace fondante*, on posera la proportion suivante : 900 : 297 :: 100 : x, d'où l'on peut tirer la valeur de $x = \frac{297 \times 100}{900} = \frac{297}{9} = 33°$.

(6) Les thermomètres *métastatiques* de Walferdin sont d'autant plus précieux, que, propres à mettre en évidence des fractions minimes de degré, ils peuvent signaler des différences notables de température entre des parties où des appareils moins délicats n'en accuseraient aucune. — Un autre avantage du thermomètre métastatique, c'est de pouvoir servir à l'observation de températures très distantes les unes des autres, et, par conséquent, de tenir lieu de plusieurs thermomètres à échelle fractionnée : en effet, bien que la tige de cet instrument ne mesure, dans toute sa lon-

Quelque parfait que soit le thermomètre avec lequel on opère, on n'en obtiendrait que des indications erronées, si l'on négligeait de le soustraire *à la pression des corps environnants, et au refroidissement par rayonnement, par contact ou par évaporation.*

Walferdin (1) a signalé toute l'étendue des erreurs dues à la *pression extérieure* sur le réservoir de l'instrument. Il a fait voir que celle des doigts suffit pour produire une ascension considérable du mercure dans la tige. On devra donc, dans les recherches dont il s'agit, s'assurer avant tout que les organes explorés

gueur, qu'un peu plus de *dix degrés* centigrades, comme il est possible de faire varier à volonté et suivant les besoins de l'expérience, la quantité de liquide (*mercure* ou *alcool*) contenu dans le réservoir et dans la tige, on a la facilité de régler l'instrument pour le faire fonctionner entre deux limites de température séparées l'une de l'autre par un intervalle de *dix* degrés : soit de 0° à 10°, ou de 10° à 20°, de 20° à 30°, de 30° à 40°, etc.; et comme la tige offre 200 divisions entre ces deux limites extrêmes, il en résulte que chaque degré en contiendra 20. De plus, ces mêmes divisions étant assez espacées entre elles, pour qu'il soit facile d'en apprécier à simple vue la *cinquième* et même la *dixième* partie, on pourra lire directement, sur ces instruments, un *centième* et même un *deux-centième* de degré centigrade. — L'artifice de construction imaginé par Walferdin, pour obtenir ces résultats importants, consiste à ménager à l'extrémité supérieure de la tige un second réservoir vide, ayant pour destination de loger la portion du liquide thermométrique qui doit être distraite de la masse dans les conditions de température où l'observation a lieu. — Voici maintenant la marche à suivre pour mettre en expérience un thermomètre métastatique. Supposons que l'on se propose d'opérer entre 30 et 40 degrés : on plonge l'instrument avec un *thermomètre étalon* (*a*) dans de l'eau chauffée à 42 degrés environ ; dès que l'équilibre de température s'est établi, on retire le thermomètre métastatique, et, au moyen d'une petite secousse opérée de haut en bas, on brise la colonne mercurielle, au niveau de la naissance du réservoir supérieur, où se trouve retenu l'excédant du mercure que la dilatation du métal y avait fait affluer. Il ne reste plus qu'à fixer exactement, pour l'instrument ainsi préparé, les points correspondant à 40 et à 30 degrés, fixation qui se fait avec la plus grande facilité au moyen de l'étalon.

Pour des séries d'expériences supérieures à 40 degrés ou inférieures à 30, on règle de nouveau l'instrument, en commençant par rétablir la continuité entre le mercure de la tige et celui du réservoir supérieur, par l'application d'une chaleur convenable. Après quoi, on procède comme nous l'avons dit plus haut, c'est-à-dire qu'on opère la rupture de la colonne mercurielle indicatrice, lorsqu'elle a été chauffée un peu au-dessus de la limite supérieure à laquelle on veut opérer.

Quand on explore des organes profondément situés, ou que l'instrument est en contact avec le sang ou toute autre humeur, il devient impossible de lire directement les indications du thermomètre. On doit alors recourir à l'emploi du thermomètre à *maximum* imaginé par Walferdin pour ces cas particuliers. Dans cet instrument, la colonne de mercure contenue dans la tige est séparée en deux portions près de son extrémité libre, au moyen d'une *bulle d'air* préalablement renfermée dans l'ampoule supérieure. Pour le régler, on dilate le mercure, jusqu'à ce qu'il se présente à l'extrémité de la tige, on en détache alors par une secousse un petit globule, qui tombe dans l'ampoule ; on fait ensuite passer la bulle d'air confinée dans l'ampoule, en chauffant légèrement celle-ci ; après quoi, on laisse arriver à sa suite le globule de mercure, qui l'emprisonne dans la tige. — Dans les mouvements d'expansion que prend le métal sous l'influence de l'élévation de température, la bulle d'air obéit à l'impulsion qui lui est communiquée par la colonne mercurielle ; mais elle ne la suit pas dans son retrait vers le réservoir, quand la température s'abaisse. Il en résulte que l'instrument continue à marquer le *maximum* de température, auquel il a été soumis pendant qu'il était, ou plongé dans la profondeur des organes, ou exposé à un jet de sang, ou, en un mot, placé dans de telles conditions que la lecture directe des indications n'était pas alors possible. — Il est presque inutile d'ajouter que, dans l'appréciation du degré thermométrique *maximum*, on doit tenir compte de la moindre longueur occupée par la bulle d'air : elle est facile à mesurer pendant la marche ascensionnelle de la colonne mercurielle, alors que cette colonne la pousse devant elle. Supposons, par exemple, qu'à ce moment, cette bulle occupe deux des divisions tracées sur la tige : la température *maximum* sera donnée en retranchant deux divisions, à partir de l'extrémité supérieure de la bulle d'air, au point où elle est limitée par le globule de mercure. — Cet instrument est susceptible de donner un *cinquantième* de degré.

Walferdin a encore imaginé un thermomètre à maximum et métastatique tout à la fois, beaucoup plus sensible que le précédent. — Enfin, nous devons aussi mentionner le thermomètre *différentiel* à alcool, avec index de mercure, qui donne un *millième* de degré, et peut rendre encore appréciables des différences entre des températures si voisines les unes des autres.

(*a*) On sait que ce nom est réservé à un thermomètre construit avec les soins les plus minutieux et éprouvé par des vérifications aussi rigoureuses que multipliées.

(1) *Bulletin de la Société géologique*, t. II, p. 83.

n'exercent aucune pression notable sur le thermomètre, que l'on aura eu soin de choisir à réservoir de forme cylindrique et de même diamètre que la tige.

Le refroidissement par *rayonnement* est assez important à éviter, pour que John Davy ait cru devoir prendre la précaution, dans l'exploration des régions superficielles, de loger le réservoir de son instrument au sein d'une gouttière de liége garnie de laine fine. Par cette disposition simple, la portion de ce réservoir qui ne touchait pas le corps était protégée à la fois contre le rayonnement extérieur et contre le *contact* de l'air.

Pour ce qui est du refroidissement par *évaporation*, il a lieu particulièrement dans le cas où le thermomètre, placé dans la bouche, se trouve exposé au courant d'air, qui, non-seulement le refroidit en agissant par contact direct, mais encore en rendant plus active l'évaporation de l'humidité déposée à la surface du réservoir et de la tige. — Pour obvier à ces inconvénients, la bouche doit être maintenue close, pendant toute la durée de l'observation, la respiration se faisant alors par les cavités nasales.

Quant au lieu d'application de l'instrument, il varie suivant les auteurs, suivant le but que l'on se propose, suivant aussi l'animal observé. — L'*aisselle*, la *bouche*, le *rectum*, ont été généralement adoptés pour l'homme et les mammifères; le *cloaque*, pour les oiseaux ; la *bouche* ou l'*anus*, pour les poissons, etc. — On a quelquefois choisi l'*urèthre* et le *vagin*, pour en étudier la température dans des conditions déterminées sur lesquelles nous aurons à revenir.

L'exploration des parties profondes peut être faite à l'aide de thermomètres d'un très petit volume: mais, en opérant ainsi, il est difficile, si ce n'est même impossible, de ne pas faire subir aux animaux des mutilations plus ou moins étendues, qui compliquent les résultats et multiplient les chances d'erreurs. — Il est préférable de recourir alors aux *aiguilles thermo-électriques* (*).

(*) C'est à Nobili et Melloni qu'est due la première idée de faire servir la *thermo-électricité* à la mesure de la chaleur animale : mais l'appareil employé par ces physiciens ne leur permettait d'expérimenter qu'avec des animaux d'un très petit volume, dont ils dirigeaient les radiations calorifiques, soit directes, soit réfléchies, par un petit miroir sphérique, sur une des faces de leur *thermo-multiplicateur*. — Malgré les résultats curieux obtenus par ces savants et communiqués à l'Académie des sciences de Paris, en septembre 1831, cette méthode paraissait frappée de stérilité, quand Becquerel, conservant le principe, mais modifiant de la manière la plus heureuse l'appareil à employer, le rendit applicable aux recherches les plus variées et les plus étendues. En collaboration avec Breschet, il réussit à mesurer, chez l'homme lui-même, la température des organes profondément situés. — Dutrochet, de son côté, étudia la température d'un grand nombre d'animaux et de végétaux, à l'aide de ces mêmes instruments, qui consistent en deux aiguilles métalliques *mixtes*, c'est-à-dire formées chacune d'un fil de cuivre et d'un fil d'acier soudés l'un à l'autre : tantôt la soudure occupe la partie moyenne de l'aiguille (Becquerel et Breschet) ; tantôt, au contraire, elle est située à l'une des extrémités (Dutrochet). Pour se servir de ces aiguilles, on en introduit une par le procédé ordinaire de l'acupuncture, dans l'organe qu'il s'agit d'explorer, et l'on place l'autre dans un milieu à température constante et voisine de celle à laquelle doit être soumise la première aiguille. S'agit-il, par exemple, de recherches à faire sur les muscles d'un homme adulte, on y implante cette première aiguille, et la seconde est placée sous la langue du sujet : il est bien entendu que le placement et l'implantation doivent se faire de manière à mettre les soudures en présence des parties dont la chaleur peut subir quelque variation. Les bouts libres d'acier des aiguilles sont réunis par un fil de même métal, et ceux de cuivre sont mis en communication avec un galvanomètre. Tant que les soudures des deux aiguilles mixtes sont à la même température, l'aiguille du galvanomètre reste immobile ; mais, dès que l'équilibre est rompu, elle se déplace, et, par le sens et par l'intensité de la déviation qu'elle éprouve, elle donne la mesure de la différence qui existe dans la température des deux milieux, et, par conséquent, le degré thermométrique de celui qui a varié, l'autre étant connu et supposé constant. — Il est presque superflu de faire observer que les indications fournies par l'appareil dont nous parlons, peuvent et doivent être transformées en valeurs du thermomètre centigrade à l'aide d'expériences comparatives faites avec ce dernier instrument. Nous aurons soin de n'employer que ces valeurs ainsi transformées, quand nous aurons à citer les résultats obtenus avec les aiguilles thermo-électriques.

Ces appareils sont d'une extrême sensibilité et permettent d'apprécier les plus légères variations de température : celui qu'employait Dutrochet (1) lui donnait une approximation équivalente à *un quatre-vingtième* de degré centigrade. De plus, ils se prêtent à une plus grande variété de recherches et à des applications beaucoup plus nombreuses que ne peuvent le faire les thermomètres, ceux même qui sont construits avec la plus grande perfection. La facilité avec laquelle on les fait pénétrer dans la profondeur des tissus, sans altérer notablement la continuité de ceux-ci, rend raison de cette supériorité. Mais ils demandent à être appliqués par une main exercée, qui seule est capable d'éloigner et de neutraliser les nombreuses causes d'erreur inhérentes à leur exquise sensibilité.

Les recherches thermométriques, entreprises d'une manière suivie sur les animaux appartenant aux différentes classes, ne remontent guère au delà du siècle dernier : malgré leur date relativement récente, elles ont enrichi la science d'un grand nombre de résultats aussi importants qu'inattendus. Avant d'exposer ces résultats, il y a lieu d'examiner les méthodes mises en usage pour mesurer la totalité de la chaleur émanée du corps vivant dans un temps donné.

Les méthodes employées dans ce but, c'est-à-dire en *calorimétrie*, sont *directes* ou *indirectes*.

La méthode directe, imaginée par Lavoisier, consiste à faire produire par l'animal en expérience tout l'*effet calorifique* dont il est capable, et à mesurer cet effet en tenant compte du temps employé à le produire. Lavoisier a fixé les conditions de ce procédé d'expérimentation et l'a mis en pratique dans le travail qui lui est commun avec Laplace (2) :

Un cochon d'Inde fut placé dans un calorimètre rempli de glace à 0° et construit de façon à permettre d'entretenir, d'une manière continue, un courant d'air pur autour de l'animal. Celui-ci, après un séjour de *dix heures* consécutives dans ce milieu, avait, par sa seule présence, et en vertu de la chaleur issue de son corps, déterminé la fonte de 402gr,27 de glace. Mais, durant son séjour prolongé au sein de cette atmosphère à 0°, le cochon d'Inde ne s'était pas maintenu à sa température initiale : il avait subi un refroidissement notable par la périphérie de son tronc et par ses extrémités. De plus, les exhalaisons de son corps s'étaient condensées et mises en équilibre de température avec le milieu ambiant : cette condensation avait aussi donné lieu à un dégagement de chaleur. — Lavoisier crut pouvoir évaluer à 61gr,19 de glace fondue les effets représentatifs de cette double cause, ce qui réduisait à 341gr,08 le chiffre correspondant à la chaleur produite par l'animal pour se maintenir, pendant toute la durée de l'expérience, à sa température *normale*.

Dans une autre expérience exécutée sur un animal de la même espèce, Lavoisier avait été conduit à admettre, d'après la proportion d'*acide carbonique* exhalé dans l'acte respiratoire, qu'un cochon d'Inde brûle en dix heures 3gr,333 de carbone, et que la chaleur dégagée par cette combustion est capable de faire fondre 326gr,75 de glace.

Rapprochant ce chiffre de celui qu'il avait obtenu dans l'expérience précédente et qui lui avait donné 341gr,08 comme représentant, en glace fondue, la chaleur perdue

(1) *Annales des sciences naturelles* (Botanique), 2e série, t. XIII, p. 5.
(2) *Mémoires de l'Académie des sciences de Paris*, 1780, p. 407.

par un autre cochon d'Inde, Lavoisier reconnut que ces chiffres sont liés l'un à l'autre par le rapport suivant : $\frac{326,75}{341,08} = 0,96$. — Ce résultat important, bien qu'il le regardât lui-même comme imparfait, puisqu'il n'y avait pas compensation exacte entre la chaleur *produite* et la chaleur *dépensée*, lui parut néanmoins assez positif, pour qu'il se crût en droit de dire : « Lorsque les circonstances dans lesquelles un animal se trouve n'altèrent pas sensiblement son sang et ses humeurs, de sorte qu'après plusieurs heures le système animal n'éprouve point de variation sensible, la conservation de la chaleur animale est due, au moins en grande partie, à la chaleur que produit la combinaison de l'air pur (*oxygène*) respiré par les animaux avec la base de l'air fixe (*carbone*) que le sang lui fournit (1). » — Ce n'est qu'ultérieurement que Lavoisier admit, et encore sous forme hypothétique, « qu'*une portion d'air vital* (oxygène) *se combine avec une portion d'air inflammable* (hydrogène) *pour former de l'eau* (2). »

Nous reviendrons sur ces recherches de Lavoisier, auxquelles nous avons déjà fait de nombreux emprunts (*), lorsqu'il s'agira de tracer un aperçu historique des travaux relatifs à la chaleur animale.

La méthode mise en usage par Lavoisier a été adoptée par Despretz et par Dulong, dans les expériences qu'ils ont entreprises à l'occasion du prix proposé, pour le concours de 1822, par l'Académie des sciences de Paris, et dont le sujet était de déterminer les *sources de la chaleur animale*. — D'après le programme, on devait comparer la chaleur développée, pendant un temps déterminé, par un animal à sang chaud, avec la chaleur résultant de la formation de l'acide carbonique et de l'eau produite, durant le même temps, dans la respiration du même animal ; de plus, il fallait évaluer avec précision, par de nouvelles recherches, la chaleur dégagée dans la combustion du carbone et de l'hydrogène (**).

L'appareil imaginé et employé par Despretz, pour mesurer la chaleur animale, se compose essentiellement de trois parties : deux gazomètres et une boîte intermédiaire. Dans cette dernière se trouve placé l'animal en expérience, auquel l'air neuf est fourni par l'un des gazomètres, tandis que l'air modifié par la respiration se rend dans l'autre. — La boîte est de cuivre, et de dimensions suffisantes pour que l'animal n'y soit point gêné : elle est hermétiquement fermée, et plonge dans une caisse également de cuivre, pleine d'eau pure, dont la température, au commencement et à la fin de l'expérience, est déterminée avec le plus grand soin, aussi bien que le poids de ce liquide et celui de tout le cuivre

(1) *Loc. cit.*
(2) *Histoire de la Société royale de médecine*, 1782, p. 374.

(*) Voir ci-dessus, page 519 et suiv.

(**) N'ayant point à entrer ici dans des détails sur ce point de physique expérimentale, nous nous bornons à indiquer les valeurs qui sont aujourd'hui le plus généralement adoptées. En même temps, et pour l'intelligence de ce qui va suivre, nous donnons les définitions relatives à la calorimétrie.

On appelle *calorie*, la quantité de chaleur nécessaire pour faire varier d'*un degré* la température d'un kilogramme d'eau distillée. — La chaleur de combustion du *carbone*, pour former de l'*acide carbonique*, est égale à 8080 *calories* (Favre et Silbermann), et la chaleur de combustion de l'*hydrogène*, pour former de l'eau, est de 34462 *calories* (Favre et Silbermann) ; c'est-à-dire que 1 kilogr. de carbone, en brûlant, élève de 1 degré 8,080 kil. d'eau distillée, tandis que 1 kilogr. d'hydrogène, en brûlant, élève de 1 degré 34,462 kilogr. du même liquide.

La chaleur de fusion de la *glace* est de 79,2 *calories* (moyenne des nombres donnés par V. Regnault d'une part, de la Provostaye et Desains de l'autre). — La chaleur de vaporisation de l'eau est de 536,21 *calories* (moyenne des valeurs données par Regnault, et par Favre et Silbermann).

de l'appareil. — Pour plus d'exactitude, l'air qui a servi à la respiration est recueilli sur le mercure. — Des thermomètres, convenablement disposés, donnent très exactement la température de ce fluide à l'arrivée et à la sortie. Un manomètre guide l'opérateur, qui veille à ce que la pression soit égale au dedans et au dehors de l'appareil. Enfin, l'analyse fait connaître directement la quantité d'acide carbonique formé et d'oxygène absorbé pendant la durée de l'expérience.

Ces données suffisent pour obtenir les éléments du problème qu'il s'agit de mettre en équation, à savoir : la *quantité de chaleur produite et la quantité de chaleur perdue par l'animal pendant son séjour dans l'appareil.*

La chaleur produite a sa source dans la combustion du carbone et dans celle de l'hydrogène des matières organiques du sang, double combustion de laquelle résultent l'acide carbonique et en partie l'eau exhalés dans l'acte respiratoire. La proportion de carbone se déduit de celle de l'acide carbonique, qui a pu être recueilli et mesuré exactement. Pour celle de l'hydrogène, on la calcule d'après le chiffre de l'oxygène qui lui correspond, et que l'on trouve en retranchant de la totalité de l'*oxygène* qui a disparu la portion qui a servi à former l'acide carbonique. Une fois en possession de ces deux valeurs, on les multiplie, chacune en particulier, par le chiffre exprimant la chaleur de combustion de l'élément correspondant, et la somme de ces deux nombres donne le chiffre de la chaleur produite par l'animal.

Quant à la chaleur qu'il a perdue, la valeur en est exprimée directement par l'élévation de température éprouvée par l'eau du calorimètre, toutes corrections faites pour les enveloppes (1).

Ce qu'on doit remarquer dans ce travail de Despretz, dont les conclusions s'appuient sur plus de deux cents expériences exécutées de 1822 à 1824, avec des mammifères et des oiseaux, c'est que, d'une part, l'auteur a eu soin, conformément au programme académique, de déterminer, par des recherches spéciales et directes, la chaleur de combustion du carbone et celle de l'hydrogène ; et que, d'autre part, ayant eu la précaution de recueillir les gaz sur le mercure à leur sortie de l'appareil, il a pu éviter les pertes d'acide carbonique inhérentes à l'usage d'une cuve à eau. — Dans aucune de ses expériences, Despretz n'a trouvé la chaleur produite par la respiration, inférieure à 0,70, ni supérieure à 0,90, la chaleur totale émise par l'animal étant représentée par l'unité ; et même la première de ces valeurs n'a-t-elle été observée que sur de très jeunes animaux, qui perdent quelquefois rapidement une portion de leur chaleur propre.

Pour ce qui est des autres phénomènes que Despretz a encore signalés à l'attention des physiologistes, et, en particulier, de l'*exhalation* de l'*azote*, nous en avons déjà parlé à propos de la *respiration* (page 543).

Dulong (2) a traité, à la même époque que Despretz, la question proposée par l'Académie des sciences, et il s'est servi d'un appareil qui ne diffère pas essentiellement de celui qui précède. — Les chiffres qu'il a obtenus sont inférieurs à ceux qui sont rapportés dans le travail de Despretz : pour Dulong, la chaleur produite par la respiration a oscillé entre 0,69 et 0,83.

Le défaut de compensation que les expériences de ces deux physiciens accusent entre la chaleur produite par la double combustion qui a lieu dans l'acte respi-

(1) Pour les détails de l'appareil et des expériences, consulter le *Traité de physique* de DESPRETZ, édition de 1836, p. 899 et suiv. — Idem, *Annales de chimie et de physique*, 2e série, t. XXVI, p. 362.

(2) *Annales de chimie et de physique*, 3e série, t. I, p. 440.

ratoire pendant la durée de l'expérience, et la chaleur perdue par l'animal pendant le même temps, tient aux chiffres qu'ils ont adoptés pour la chaleur de combustion du carbone et de l'hydrogène.

Si, dans le calcul des résultats obtenus, on substitue à ces chiffres ceux que nous avons cru devoir emprunter aux recherches les plus récentes (*), on voit diminuer l'importance des écarts signalés, à tel point que, pour les expériences de Despretz, la moyenne générale, qui était de 0,81, devient 0,92 ; et, pour celles de Dulong, cette moyenne s'élève de 0,75 à 0,90. — On peut donc conclure, d'après ces résultats corrigés, que la chaleur produite par la double combustion est assez exactement représentée par celle qui se trouve cédée au calorimètre. — Notons néanmoins qu'il résulte de travaux ultérieurs, dus principalement à la collaboration de Favre et Silbermann, que la quantité de chaleur dégagée par le carbone et l'hydrogène, quand ils s'unissent à l'oxygène pour former de l'acide carbonique et de l'eau, varie tantôt en plus, tantôt en moins, suivant que ces éléments sont libres ou déjà engagés dans quelque combinaison. De là cette conséquence, que le calcul basé sur la proportion d'acide carbonique et d'eau recueillis dans l'acte respiratoire ne peut conduire que d'une manière plus ou moins approximative à la connaissance de la quantité de chaleur produite par cet acte important.

A la suite des travaux de Despretz et de Dulong, nous devons rappeler, comme appartenant aussi à la mesure de la chaleur animale, par la méthode *directe*, les recherches de Regnault et Reiset. Celles d'Andral et Gavarret, et celles de Scharling, peuvent également être rangées dans cette catégorie. — Mais nous croyons inutile de revenir sur ce que nous en avons déjà dit (p. 536 et suiv.) dans le chapitre consacré à la *respiration*.

Nous renvoyons également le lecteur à ce même chapitre, pour tout ce qui concerne la méthode *indirecte*, instituée par Boussingault et suivie par Barral.

Bornons-nous à faire remarquer ici combien est féconde l'alliance de ces deux méthodes : en effet, si par la *méthode directe*, on arrive à connaître rigoureusement la quantité d'oxygène consommée par un animal dans un temps donné, par la *méthode indirecte* on est conduit à la mesure précise des quantités de carbone et d'hydrogène brûlées par l'oxygène absorbé. — La concordance des valeurs obtenues par des voies aussi essentiellement différentes est une garantie de leur exactitude et de la confiance qu'elles méritent.

Toutefois les dispositions adoptées par Lavoisier, et celles qu'ont suivies Despretz et Dulong, ont le grave inconvénient de n'être applicables qu'à des animaux de petite stature. La même objection peut être faite à l'emploi de l'appareil de Regnault et Reiset. Pour ce qui est de celui de Scharling, nous avons déjà signalé (p. 539) les graves reproches qu'on est en droit de lui adresser. — Ces considérations font attendre, avec quelque impatience, les recherches entreprises par Bischoff, à l'aide d'un nouvel appareil construit par Pettenkofer, sur de grandes dimensions, appareil qui, dit-on, permet de doser avec exactitude l'eau et l'acide carbonique issus par les poumons et la peau (1). — Jusqu'à présent, celui dont Andral et Gavarret se sont servis réalise d'une manière satisfaisante les con-

(*) Voir ci-dessus la note de la page 1085.

(1) *Archives générales de médecine*, 1860, t. XVI, p. 147.

ditions les plus rapprochées de l'état normal, du moins pour ce qui regarde les recherches à faire sur l'homme et les grands animaux.

Quant à la méthode des *analyses par proportions centésimales* de l'air inspiré et de l'air expiré, nous avons déjà indiqué les chances d'erreur qu'elle comporte, à raison de l'incertitude des bases sur lesquelles elle repose, et de l'importance des éléments dont elle ne tient pas compte (*) : toutefois, comme cette méthode n'offre aucune difficulté sérieuse d'application à l'espèce humaine, elle a été fréquemment mise en usage, et les résultats qu'en ont obtenus Goodwyn, H. Davy, Dumas, etc., méritent d'être pris en considération, à la condition d'être contrôlés par les résultats qu'ont fournis les autres méthodes.

Est-il possible d'évaluer numériquement la chaleur produite chez les êtres vivants ? Pour répondre à cette question, il nous faut revenir sur les faits précédemment établis.

Rappelons, d'abord, que l'être vivant est incessamment le siége d'actions chimiques et physiques qui se passent dans la profondeur de ses tissus, et dont l'objet est d'assurer l'entretien ou le développement de ces derniers. Le double mouvement qui s'opère alors, consiste dans l'assimilation des éléments nouveaux et dans l'élimination des anciens devenus impropres à faire partie de la trame organique. Ces derniers sont rejetés de l'économie sous différentes formes, tels que l'acide carbonique, l'eau, l'urée, etc.

L'acide carbonique et la portion d'eau qui provient de la transformation des tissus sont dus à l'action de l'oxygène de l'air sur le carbone et l'hydrogène des matériaux organiques destinés à être éliminés. La chaleur dégagée dans cette double combustion n'est autre que la *chaleur propre*, dont nous cherchons à donner une évaluation numérique. Cette évaluation ne présente aucune difficulté, si l'on met en regard du chiffre de l'acide carbonique produit, celui de l'oxygène absorbé : la portion de ce dernier, qui n'a pas été employée à former de l'acide carbonique, a dû servir à donner naissance à de l'eau. Connaissant ainsi les quantités de carbone et d'hydrogène brûlés dans un temps donné, on arrive assez exactement à évaluer la chaleur produite, en multipliant chacune de ces quantités par le coefficient de chaleur de combustion qui lui correspond. Ainsi, pour un homme adulte, par exemple, si l'on admet que le poids du carbone brûlé s'élève, en moyenne, à 240 grammes et celui de l'hydrogène à 16 grammes, dans les vingt-quatre heures, en multipliant 240 grammes ou 0$^{kil.}$,240 par 8080, d'une part, et, de l'autre, 16 grammes ou 0$^{kil.}$,016 par 34462, on trouve 1939,20 *calories* pour le carbone et 551,39 pour l'hydrogène, c'est-à-dire un total de 2490,59 calories produites en vingt-quatre heures par la double combustion respiratoire.

Toutefois il ne faut pas oublier que ce chiffre n'est acceptable, même à titre de valeur approximative, qu'autant que l'on a noté avec soin la quantité de l'oxygène absorbé dans la respiration. En effet, il peut se faire que l'on trouve, dans les gaz expirés, une portion d'acide carbonique qui aurait pris naissance dans les réactions établies entre les principes immédiats fournis au sang par les substances alimentaires, et par conséquent, qui n'aurait rien de commun avec l'acide carbonique engendré par la combustion directe du carbone du sang par l'oxygène atmosphérique. Dans la production de cet acide, comme dans toutes les trans-

(*) Voir ci-dessus, page 524.

formations des substances animales en d'autres matières appelées à remplir dans l'économie certains usages spéciaux, il doit y avoir tantôt dégagement, tantôt absorption de chaleur. Bien plus, comme l'action comburante de l'oxygène inspiré s'exerce sur du carbone et de l'hydrogène engagés dans des composés ternaires ou quaternaires, la chaleur résultant de cette double combustion doit être fort différente de ce qu'elle serait si ces mêmes corps se trouvaient à l'état de liberté. Aussi, tout en admettant que la chaleur propre des êtres vivants, et, en particulier, des animaux, prend exclusivement sa source dans les réactions chimiques dont l'économie est le siége, on doit reconnaître que la complexité du phénomène ne permet pas, quant à présent, d'évaluer numériquement et avec précision la chaleur produite, en basant ses calculs sur les quantités d'oxygène absorbé et d'acide carbonique exhalé dans l'acte respiratoire.

Nonobstant cet aveu, on peut regarder comme fort utiles, pour la solution du problème dont il s'agit, les résultats numériques obtenus jusqu'à présent dans les conditions qui viennent d'être rappelées. Si ces résultats n'ont rien d'absolu, ils peuvent du moins servir à établir certaines relations entre les causes qui modifient les phénomènes chimiques de la respiration et les variations correspondantes de la chaleur animale. De plus, en les rapprochant de ceux auxquels conduisent les investigations thermométriques, on voit se confirmer de plus en plus les idées formulées par Lavoisier et développées par ses successeurs, sur les sources de la chaleur propre des êtres vivants.

Mais la science ne saurait borner là ses prétentions. On sait aujourd'hui, grâce à la méthode *indirecte* instituée par Boussingault, quels sont les points à éclaircir. L'analyse comparative des aliments et des matières excrémentitielles, chez un animal soumis à la ration d'entretien, fait connaître d'une manière rigoureuse, en nature et en poids, ce que cet animal a perdu par la peau et les voies respiratoires, pendant toute la durée de l'expérience : faisant intervenir ici la méthode *directe* de Lavoisier, employée ultérieurement par Dulong, Despretz, Regnault et Reiset, etc., on saura combien d'oxygène a été absorbé, combien d'acide carbonique, d'eau et d'azote a été exhalé. — Avec ces données, il sera possible de calculer rigoureusement le poids des principes immédiats *ternaires* transformés complétement en acide carbonique et en eau ; celui des principes *quaternaires* ou albuminoïdes qui ont subi la même transformation et fourni l'azote mis en liberté ; enfin, le poids de ces mêmes principes changés, sous l'influence de l'oxygène, en matières excrémentitielles azotées (urée, acides urique, cholique, choléique, etc.). Il ne reste plus, pour posséder tous les éléments nécessaires à l'évaluation numérique de la chaleur produite dans ces différentes combustions, soit complètes, soit incomplètes, qu'à déterminer expérimentalement ce qui appartient à chacune d'elles en particulier. Ce problème, déjà résolu à l'égard de quelques-unes, est d'un intérêt trop élevé pour ne pas appeler, dans un prochain avenir, des investigations nouvelles.

La chaleur produite chez les êtres vivants dans les précédentes conditions, se perd au fur et à mesure qu'elle se développe. Cette perte a lieu par le *rayonnement*, par le *contact du milieu ambiant*, et enfin par l'*évaporation de l'eau* qui entre dans la composition des humeurs et des tissus, c'est-à-dire par la *transpiration.*

Dans la méthode calorimétrique instituée par Lavoisier, les effets de ces trois

causes se trouvent confondus dans un résultat commun, la fusion de la glace ou l'échauffement de l'eau du calorimètre. Mais il n'est pas sans intérêt de rechercher ce qui appartient à chacune de ces causes de refroidissement en particulier.

Le *rayonnement du corps* vers l'espace donne lieu à une déperdition considérable de chaleur ; tous les observateurs s'accordent sur ce point. Wells (1) dit que, dans la zone torride, le refroidissement dû à cette cause peut aller jusqu'à déterminer, quelquefois même en plein jour, un dépôt de rosée sur les parties nues de la peau. Le capitaine Ross (2) signale les dangers, pour les hommes de son expédition, d'un ciel clair et brillant, dangers reconnus par une expérience réitérée. Larrey déclare qu'au bivouac, c'était pendant la nuit, alors que le rayonnement était à son maximum d'intensité, qu'avait lieu la plus grande mortalité des hommes et des animaux (3). — Voici en quels termes Martins (4) mentionne ce mode de refroidissement : « Il fait nuit, l'air est calme et le ciel serein. Supposons un homme immobile : ses vêtements extérieurs rayonnent vers l'espace, et, par conductibilité, la chaleur perdue par l'enveloppe périphérique est remplacée par celle des enveloppes les plus intérieures, puis, par celle de la couche d'air en contact avec la peau. Il en résulte un refroidissement lent, d'abord insensible, mais continu, etc. » — Ce refroidissement par rayonnement ne se manifeste pas seulement en plein air : il peut se produire même à l'intérieur de nos habitations, et il est fréquemment le point de départ de troubles plus ou moins graves dans la santé.

La *température du milieu ambiant* exerce également une influence considérable sur la déperdition de la chaleur propre des êtres vivants. Pour ne parler que des animaux, et particulièrement des mammifères et des oiseaux, toutes les précautions sont prises pour les soustraire à cette influence, quand elle peut leur devenir préjudiciable. Au retour de la saison rigoureuse, la fourrure des premiers s'épaissit, un poil fin et bien fourni vient remplir les interstices de la toison qui les couvrait pendant l'été. Chez les oiseaux, un léger duvet comble les intervalles qui séparaient les plumes. De plus, ces animaux, ceux même que nous gardons en cage dans nos demeures, ne manquent jamais, dès que la température extérieure s'abaisse, d'écarter leurs plumes, de se mettre en boule, afin d'y emprisonner le plus d'air possible. C'est qu'en effet, fourrures aussi bien que plumes, par elles-mêmes conductrices de la chaleur, ne constituent des enveloppes protectrices contre le froid qu'à la faveur de l'air qu'elles retiennent. — « Examinez, dit encore Martins (5), les oiseaux palmipèdes, et en particulier l'*anas eider*, qui fournit l'édredon : ce duvet est en contact avec son corps, il contient entre ses mailles la couche d'air échauffée ; mais cet édredon est couvert lui-même de plumes, qui emprisonnent cet air chaud et l'empêchent de rayonner : aussi ai-je constaté que le froid est sans influence sur la température de ces animaux. » — Les vêtements de l'homme peuvent être assimilés, sous le point de vue qui nous occupe, aux

(1) *Essai sur la rosée*, etc., par W. CH. WELLS, trad. de Tordeux, p. 61.

(2) *Relation du second voyage fait à la recherche d'un passage au nord-ouest*, par sir JOHN ROSS, trad. de Defauconpret, t. II, p. 389.

(3) *Mémoires de chirurgie militaire*, etc.

(4) *Du froid thermométrique et de ses relations avec le froid physiologique* (*Mémoires de l'Académie des sciences de Montpellier*, 1859, t. IV).

(5) *Mém. cit.*

plumes ou aux poils de la peau des animaux. Plus est grande, à poids égal, la masse d'air emprisonnée dans les mailles d'un tissu, plus ce tissu est apte à nous garantir du froid.

Mais ce pouvoir protecteur de nos vêtements disparaît bien vite sous l'*influence des mouvements de l'air* qui nous environne, pour peu que cet air soit frais et que les mouvements en soient rapides. Il pénètre à travers les mailles du tissu, se mêle à la couche d'air chaud comprise entre les vêtements et la peau, remplace cette couche, la renouvelle et arrive ainsi jusqu'à l'épiderme. Le fait suivant, raconté par Martins, montre de la manière la plus évidente le contraste que peut offrir la température du même air, suivant que ce fluide est relativement tranquille ou agité : « Quand, dit-il, nous naviguions dans la mer du Nord, dans notre traversée du Havre à Drontheim en Norvége, nous fîmes quelques expériences, Bravais et moi, pour déterminer la différence de la température de l'air au niveau des bastingages et sur la grande hune du navire. Lorsque le vent soufflait avec force et que je montais dans la mâture, il me semblait que mes vêtements m'étaient enlevés l'un après l'autre, et, parvenu dans la hune, j'aurais affirmé que j'avais aussi froid que si j'avais été tout nu. Mais lorsqu'en redescendant je sautais sur le pont et me trouvais abrité du vent par les bastingages de la corvette, j'éprouvais un sentiment de bien-être, comme si j'étais entré dans une chambre bien chauffée : cependant, la température de l'air du pont n'était supérieure à celle du vent qui soufflait dans la hune que d'un ou deux dixièmes de degré : nous étions en juin, et le thermomètre se tenait aux environs de dix degrés au-dessus de zéro (1). » — N'est-ce pas le cas de rappeler que tous les navigateurs qui ont exploré les régions arctiques ont fait des observations analogues ? Le capitaine Ross (2) dit que, par un temps calme et le thermomètre marquant — 41°, les hommes se promenaient à l'extérieur, sans être incommodés par le froid, tandis qu'à — 29°, avec brise légère, ils étaient obligés de se tenir renfermés.

L'immobilité favorise encore le refroidissement. Au contraire, on verra plus loin que le mouvement, en faisant affluer le sang avec plus d'abondance dans les différents organes, y détermine une combustion plus active, et, par suite, un développement plus considérable de chaleur.

La troisième cause de déperdition de la chaleur propre des êtres vivants est l'*évaporation :* c'est elle qui, dans certaines circonstances, règle presque entièrement la température des animaux, notamment de ceux qu'on a dits à *sang chaud*. Elle constitue, à la surface de la peau et de la membrane muqueuse des voies aériennes, une force antagoniste de celle qui fait que la chaleur se régénère à chaque instant dans la profondeur des tissus. Pour l'évaluer chez l'homme, d'une manière approximative, si l'on vient à multiplier par le coefficient de la chaleur latente de la vapeur d'eau à 37° (536,21 + 37), les 1500 grammes qui, suivant Lavoisier et Séguin, s'échappent en moyenne du corps d'un adulte, dans vingt-quatre heures, on trouve que l'effet réfrigérant produit par la double perspiration pulmonaire et cutanée s'élève à 860 calories, c'est-à-dire à 1/3 environ de la chaleur résultant de la double combustion opérée dans l'acte respiratoire durant le même laps de temps. Dans cette évaluation, on peut distinguer ce qui appar-

(1) *Loc. cit.*
(2) *Ouvr. cit.*, t. II, p. 397.

tient à chaque surface perspiratoire en particulier. Lavoisier et Séguin ont admis, d'après leurs expériences, qu'au poumon doit être attribué le tiers du chiffre total précité, c'est-à-dire 500 grammes d'eau, dont la transformation en vapeur, à la température de 37°, exige 287 calories. Ces chiffres ne sauraient être donnés ni acceptés comme absolus : la fonction perspiratoire des deux surfaces dont il s'agit est soumise à des variations nombreuses et étendues, dont les unes dépendent du sujet lui-même, tandis que les autres tiennent au milieu qui l'environne. — L'état de repos ou de mouvement, de sommeil ou de veille, l'état de plénitude ou de vacuité de l'estomac, celui de santé ou de maladie, etc., constituent les principales conditions qui se rapportent à l'individu. Pour l'air ambiant, il y a à tenir compte de sa température et de son état hygrométrique.

Nous aurons à revenir sur ces diverses conditions, dont l'appréciation doit occuper une assez large place dans l'étude de la chaleur propre des êtres vivants.

II. — Dans l'examen que nous avons fait des procédés thermométriques et calorimétriques applicables aux corps organisés et doués de vie, on a pu constater que la chaleur propre de ces derniers se trouve dans une étroite dépendance des phénomènes physico-chimiques de leur respiration ; qu'ainsi, dans la série des animaux aussi bien que dans les plantes, à une chaleur plus élevée doivent toujours correspondre, dans l'état physiologique et toutes choses égales d'ailleurs, une absorption plus considérable d'oxygène et un dégagement plus abondant d'acide carbonique, et *vice versâ* (*). Ces derniers phénomènes se rapportant à la respiration, il semblerait, au premier aperçu, que l'énergie de cette fonction pourrait servir de base à une classification des animaux considérés sous le point de vue de leur puissance calorifique ; mais cette proposition n'est acceptable qu'autant que l'on prend aussi en considération l'activité des autres fonctions principales, comme la circulation, *la nutrition*, l'innervation, etc.

C'est en partant de ce principe que J. Guyot (1) a dit : « Les systèmes organisés et vivants sont d'autant plus parfaits, que leur température propre est plus élevée et plus étendue, et réciproquement, à mesure qu'ils jouissent de propriétés vitales plus variées et plus nombreuses, leur température propre est plus prononcée. »

Faisant ensuite l'application de cette proposition aux animaux vertébrés, le même auteur en range les quatre classes dans l'ordre suivant, d'après l'élévation et l'étendue de leur température propre : 1° les oiseaux, 2° les mammifères, 3° les reptiles, 4° les poissons. — Puis, comme développement de sa pensée, il ajoute les considérations qui suivent :

« Les oiseaux possèdent une température intérieure généralement plus élevée et plus énergique que les mammifères ; aussi leur digestion est plus rapide, leur respiration plus étendue, leur circulation plus vive, leur nutrition plus prompte, leur contractilité musculaire plus forte et leur sensibilité plus délicate : les oiseaux vivent plus et plus vite qu'aucune autre espèce vivante ; ils sont sensibles et mobiles par excellence, leur impressionnabilité est extrême, leurs sens ont une finesse exquise, et leurs forces sont, relativement à celles des autres classes, pour ainsi dire inépuisables.

(*) Nous faisons ici, à dessein, abstraction de l'*eau* formée dans les mêmes circonstances, à raison des difficultés qu'on éprouve à en mesurer exactement la proportion.

(1) *Traité de l'incubation et de son influence thérapeutique.* Paris, 1840, p. 30.

» Les mammifères digèrent plus lentement, leur respiration est moins étendue, leur circulation moins active, leur contractilité musculaire est moindre aussi, quoique leurs muscles soient plus gros ; leurs sens ne sont pas impressionnés d'aussi loin et par des objets aussi délicats ; ils vivent moins et moins vite que les oiseaux, parce qu'ils sont moins chauds, ou, si l'on veut, ils sont moins chauds parce qu'ils vivent moins et moins vite.

» Les reptiles sont encore plus éloignés des mammifères, sous le rapport de leur température, que les mammifères ne le sont des oiseaux ; aussi la digestion, la respiration, la circulation sont-elles beaucoup plus lentes et beaucoup moins complètes : aussi la contractilité en est-elle bien inférieure ; aussi la sensibilité en est-elle obtuse au point que les sens cessent d'être impressionnés au delà de quelques pas. Il en est à peu près de même chez les poissons, qui ne peuvent se mouvoir que dans un fluide presque aussi pesant qu'eux.

» D'après cet aperçu général, il est évident, ajoute J. Guyot, qu'il existe une relation intime entre la nutrition, la contractilité, la motilité, la sensibilité et la *température propre* aux animaux : qu'elle soit cause ou effet, la chaleur intérieure n'en est pas moins liée si étroitement à l'exercice des fonctions, qu'elle doit en être considérée comme le produit essentiel et comme le régulateur indispensable. »

Ces vues vont trouver leur confirmation dans les faits qu'il nous faut actuellement signaler.

La classe des OISEAUX, nous l'avons dit, se distingue, entre toutes les autres, par l'élévation de sa température propre. Dans les nombreuses observations publiées jusqu'à ce jour, le moindre chiffre obtenu est 37°,80 (Lyon, sur un *goëland*), et le plus élevé atteint 43°,90 (J. Davy, sur deux *poules* d'espèce différente et sur un *canard commun*). Pallas, il est vrai, a trouvé plusieurs fois 44°,03 ; mais on est peut-être en droit d'attribuer à l'imperfection des instruments qu'il employait ce chiffre que n'ont pas retrouvé des observateurs plus modernes. — En réunissant tous les résultats obtenus, sans tenir compte de l'espèce, de l'âge, du climat, de la saison, etc., on arrive au chiffre moyen de 41°,65.

Les MAMMIFÈRES occupent, sous le rapport de la puissance calorifique, le second rang parmi les vertébrés. En négligeant les résultats observés chez quelques-uns d'entre eux pendant le sommeil de l'hibernation, on trouve que le chiffre le plus faible atteint encore 35°,50 (Prévost et Dumas, sur un *singe* (*)), et que le plus fort ne dépasse pas 40° (Delaroche, sur des *lapins* (**)). — La moyenne des observations prises en masse est de 38°,87.

La température de l'HOMME a été l'objet de recherches multipliées, et les résultats obtenus, bien que généralement concordants, ont offert parfois d'assez notables différences, dont on trouverait peut-être l'explication dans les conditions individuelles des sujets, les modes d'exploration mis en usage et le plus ou moins

(*) Il n'est peut-être pas inutile de faire remarquer que J. DAVY, observant à Ceylan, sur un singe adulte, a trouvé, sous l'aisselle, 39°,7 : une différence aussi importante avec le chiffre donné par PRÉVOST et DUMAS dépend peut-être de l'altération plus ou moins profonde que le changement de climat avait apportée à la santé de l'animal que ces derniers observateurs avaient à leur disposition.

(**) Nous ne parlons ici que des observations faites sur des animaux non mutilés.

de perfection des instruments employés. — Gavarret (1) admet que, dans l'état physiologique, la température de l'homme adulte, prise sous l'aisselle, peut, dans nos climats tempérés, osciller entre 36°,50 et 37°,50. Van-Swieten (2) indique le chiffre de 35°,56. G. Martine (3) a trouvé qu'au *contact de la peau* le thermomètre s'élevait, dans ses expériences, à 36°,67. Chisholm (4), opérant sur 67 individus de race, d'âge, de tempérament, de climat et de pays différents, est arrivé au chiffre moyen de 36°,11. John Davy (5) a réuni 180 observations faites dans des conditions peu différentes de celles de Chisholm : le thermomètre, introduit *sous la langue* des sujets, a marqué, en moyenne, 37°,33. John Hunter (6) avait déjà fixé à 37°,22 la température normale et à peu près constante du corps humain. La moyenne des observations faites par Despretz (7) sur 17 individus, dont 4 âgés de dix-huit ans, 9 de trente et 4 de soixante-huit, a donné 37°,09, la température extérieure étant à 15°,15. Enfin, le chiffre de 39° est celui auquel Prévost et Dumas (8) ont été conduits dans leurs recherches.

A l'exception de ce dernier chiffre, qui semble trop élevé, et de celui proposé par Boerhaave, qui paraît au contraire un peu trop bas, on voit que la plupart des auteurs précités se trouvent dans les limites admises par Gavarret (36°,50 à 37°,50). C'est à ces mêmes limites, et avec les restrictions formulées plus haut, que nous croyons devoir donner la préférence. Il serait à désirer que l'on entreprît sur ce sujet intéressant un travail d'ensemble, dans lequel, afin d'arriver à des résultats comparables, on devrait réunir des conditions aussi identiques que possible, sous le rapport des individus observés, de l'instrument employé, du lieu où l'application en serait faite (et à cet égard l'*aisselle* semble devoir être préférée), enfin des circonstances extérieures de température, de pays, etc.

Les deux classes d'animaux (oiseaux et mammifères) dont la température vient d'être mentionnée, offrent ceci de remarquable que cette température reste à peu près la même, quelque grandes que soient les variations de celle du milieu dans lequel ils vivent. Ce privilége de résister aussi bien aux chaleurs excessives qu'aux froids les plus rigoureux, leur avait fait assigner la qualification d'*animaux à sang chaud*, par opposition aux deux autres classes de vertébrés (reptiles et poissons), et à tous les invertébrés, que l'on qualifiait d'*animaux à sang froid*. Un examen plus attentif de ces derniers ayant fait reconnaître que leur température subit des variations considérables et concordantes avec celle du milieu qui les environne ; que, par conséquent, elle est tantôt plus ou moins basse et tantôt plus ou moins élevée, on a substitué à la précédente dénomination celle d'*animaux à température variable*, en désignant les mammifères et les oiseaux sous le nom d'*animaux à température constante*.

On doit à J. Hunter (9) des expériences curieuses sur la chaleur propre des

(1) *De la chaleur produite par les êtres vivants*. Paris, 1855, p. 100.

(2) *Commentaires sur les Aphorismes de* BOERHAAVE, t. I, p. 767.

(3) *An Essay concerning the Generation of Animal Heat* (*Essays Medical and Philosophical*, London, 1740, p. 335).

(4) *On Animal Heat within the Tropics* (*Biblioth. univers. de Genève*, section des sciences et arts, t. XV, 1820, p. 195.

(5) *Ann. de chim. et de physique*, 2e série, 1826, t. XXXIII, p. 183, et 3e série, t. XIII, p. 178 et suiv.

(6) *De la chaleur des animaux* (*Œuvres complètes*, trad. franç. de Richelot, t. I, p. 334).

(7) *Ann. de chimie et de physique*, 2e série, t. XXVI, p. 338.

(8) *Ibid.*, t. XXIII, p. 64.

(9) *De la chaleur des animaux*, dans *Œuvres complètes*, traduct. de Richelot, t. IV, p. 208.

REPTILES : il avait fait construire (par Ramsden), pour cet objet, et avec le plus grand soin, de petits thermomètres qu'il introduisait par la bouche dans l'estomac de grenouilles ou de vipères; d'autres fois, l'instrument était placé dans l'anus. — Voici quelques-uns des résultats observés par J. Hunter :

Chez une grenouille, la température constatée à l'aide d'un thermomètre introduit par la bouche dans l'estomac, a été de 9°,44, l'air étant à 7°,22 ; après vingt minutes de séjour dans une enceinte échauffée, la température de l'animal avait atteint 17°,78. Une autre grenouille, chez laquelle l'instrument accusait 6°,67, fut plongée dans un mélange réfrigérant à — 12°,22 : la température de l'estomac descendit et resta stationnaire à — 0°,56. L'animal était alors en état de mort apparente : il se rétablit complétement après avoir été retiré du mélange (1).

Une vipère bien portante présentait 20°, l'air ambiant étant à 14°,44. Une autre, dont l'estomac offrait également 20°, ne marqua plus que 2°,78 au bout de dix minutes de séjour dans un mélange réfrigérant à — 12°,22 : après dix autres minutes, le mélange était remonté à — 10°,56, et la température de l'animal était descendue à 1°,67 : dix nouvelles minutes s'étant écoulées, le mélange ne marquait plus que — 6°,67, et la vipère accusait seulement — 0°,56 ; mais, à partir de ce moment, la température du reptile demeura stationnaire, et un commencement de congélation se manifesta dans son extrémité caudale.

Ces expériences prouvent non seulement l'existence d'une chaleur propre chez les reptiles, mais encore l'extrême et rapide variabilité de cette chaleur, quand viennent à changer les conditions thermométriques du milieu environnant.

Depuis J. Hunter, un grand nombre d'observateurs se sont occupés du même sujet. Wilford (2), Czermak (3), Rudolphi (4), Prévost et Dumas (5), John Davy (6), Murray (7), Berthold (8), Dutrochet (9), Duméril fils (10), etc., ont enrichi la science de résultats curieux qui peuvent se résumer dans les propositions suivantes :

Tous les reptiles engendrent de la chaleur, mais cette chaleur offre des variations très étendues sous l'influence des changements de température du milieu ambiant. — Cette variabilité est plus manifeste chez les batraciens que chez les chéloniens, les sauriens et les ophidiens. — La nudité ou l'état écailleux de la peau exercent à cet égard une influence considérable, en favorisant ou gênant l'évaporation dont cette membrane est le siége.

C'est encore à J. Hunter (11) que nous empruntons le fait suivant, qui est très propre à mettre en évidence la faculté dont jouissent les POISSONS de produire de la chaleur.

Deux carpes (*Cyprinus carpio*), renfermées dans un bocal contenant de l'eau de rivière furent exposées à l'action d'un mélange réfrigérant. L'eau se gela prompte-

(1) J. HUNTER, *ouvr. cit.*, t. IV, p. 221.
(2) *Annals of Philosophy*, t. II, p. 26.
(3) *Zeitschrift für Physik*, 1821, t. III, p. 385.
(4) *Grundriss der Physiologie*. Berlin, 1821.
(5) *Annales de chimie et de physique*, 2ᵉ série, t. XXIII, p. 64.
(6) *Ibid.*, 2ᵉ série, 1826, t. XXXIII, p. 193.
(7) *Experimental Researches*. Glasgow, 1826, p. 89.
(8) *Nouvelles observations sur la température des animaux à sang froid*. Gœttingen, 1835.
(9) *Annales des sciences naturelles* (Zoologie), 2ᵉ série, t. XIII, p. 12.
(10) *Ibid.*, 3ᵉ série, 1852, t. XVII, p. 5.
(11) *Ouvr. cit.*, t. I, p. 328.

ment à la surface intérieure du vase, dans toute l'étendue de sa paroi ; mais elle resta fluide à une certaine distance des poissons : on ajouta alors, à plusieurs reprises, de la neige glacée en assez grande quantité pour épaissir la totalité du liquide. Comme cette neige se fondait autour de chaque carpe, à mesure qu'on l'ajoutait, on finit par exposer le tout à l'air libre, dans une cour, afin d'obtenir la congélation sous la double influence du mélange réfrigérant et du froid atmosphérique.

La mesure directe de la chaleur propre de ces mêmes poissons a donné des résultats très variables suivant les observateurs : Bunjva (1) a obtenu le chiffre de 3°; J. Hunter (2), celui de 1°,95 ; Despretz (3) n'est arrivé qu'à 0°,86, Breschet et Becquerel, à 0°,50; enfin, Braun (4) assure n'avoir trouvé aucune différence entre la température des carpes sur lesquelles il expérimentait et celle du milieu environnant.

Il n'est guère possible d'admettre que la chaleur propre de ces animaux offre normalement des variations aussi étendues : celles-ci ont dû tenir aux conditions diverses dans lesquelles les observateurs se sont placés, aux instruments et aux méthodes qu'ils ont mis en usage, non moins qu'aux précautions dont ils ont su plus ou moins s'entourer pour éviter les causes d'erreur.

Dutrochet a fait, à l'aide d'aiguilles thermo-électriques, de nombreuses expériences sur la température des poissons, en ayant soin de ne pas tirer hors de l'eau ceux qu'il observait : il en a déduit, comme conclusion définitive, que les animaux de cette classe possèdent aussi une *chaleur propre*, mais que cette chaleur est trop faible pour être appréciable à nos moyens d'investigation.

L'observation suivante, que l'on doit à Martins (5), vient à l'appui de cette opinion. Un thermomètre de Walferdin, accusant aisément 0°,04 et se mettant rapidement en équilibre de température avec le milieu ambiant, fut introduit jusqu'à l'affleurement de la colonne mercurielle dans l'anus d'une *morue* pêchée avec une ligne de fond de 47 mètres de longueur : d'après quelques déterminations qui venaient d'être faites, la température de la mer, à cette profondeur, devait être de 3°,50 ; celle du poisson accusée par l'instrument, placé comme il vient d'être dit, n'était que de 3°,15 : mais, dans les branchies, elle oscillait entre 3°,39 et 4°,48, sous l'influence de l'afflux saccadé du sang veineux, de l'engorgement du réseau capillaire et du mouvement intermittent des opercules. — C'est à des causes analogues que doit être attribué l'excès de 6°,11 à 7°,22, observé par J. Davy (6) sur plusieurs *pélamides*, qui lui offrirent 22°,78 à 23°,89, le courant sous-marin dans lequel nageaient ces poissons n'étant qu'à 16°,67 : il en est de même de celui de 10°,55 trouvé par cet habile observateur (7) chez une *bonite* des tropiques (*Scomber pelamys*), dont la chaleur propre atteignit 37°,22, tandis que la température de la mer ne montait qu'à 26°,67. Dans ces expériences, les animaux n'étaient pas seulement arrachés aux conditions normales de leur existence, ils étaient, de plus, soumis à des mutilations, qui ne pouvaient manquer d'accroître momentanément l'afflux du sang dans les parties qui en étaient le siége, et, par conséquent, d'en élever la température au delà des limites physiologiques.

(1) *Mémoires de l'Académie des sciences de Turin*, ann. X et XI, t. XII, p. 88.
(2) *Ouvr. cit.*, t. IV, p. 220.
(3) *Ann. de chim. et de phys.*, 2e série, t. XXVI, p. 338.
(4) *Nova comment. Acad. Petrop.*, t. XIII.
(5) *Annales des sciences naturelles* (Zoologie), 3e série, t. V, p. 187.
(6) *Annales de chimie et de physique*, 3e série, t. XIII, p. 174.
(7) *Ibid.*, 2e série, t. XXXIII, p. 195.

Quant à la chaleur propre que possèdent les ANIMAUX INVERTÉBRÉS, elle est facile à mettre en évidence, lorsqu'on les observe réunis en nombre plus ou moins considérable : mais, sur les individus isolés, on n'arrive à en constater l'existence qu'à l'aide de précautions minutieuses et multipliées, destinées à neutraliser les causes d'erreur que l'évaporation et le contact des corps extérieurs ne manquent jamais d'introduire dans les résultats.

Entre tous les exemples que l'on pourrait citer pour établir que les *Articulés* ont une chaleur propre, nous choisirons ceux qu'ont observés V. Regnault (1) et, avant lui, F. Huber (2).

V. Regnault a vu qu'un thermomètre maintenu au milieu d'un grand nombre de hannetons (*Melolontha vulgaris*), renfermés dans un sac à claire-voie, indiquait une température supérieure de 2° à celle de l'air ambiant. Quant à Huber, voulant étudier les effets de la privation d'air respirable sur les abeilles contenues dans une ruche à parois transparentes, il choisit un moment où l'essaim était au complet et en pleine activité. Un quart d'heure après une clôture rigoureuse, ces insectes parurent en souffrance : ils s'agitèrent avec un bruit extraordinaire pendant dix minutes, puis le mouvement des ailes devint moins continu et moins rapide, les ouvrières tombèrent par milliers, et, en moins de trois quarts d'heure, la peuplade entière fut asphyxiée : « *La ruche se refroidit tout d'un coup, et du terme de 35°* (*), *la température descendit au niveau de l'air ambiant.* » On ouvrit alors la communication avec l'air extérieur : en peu de minutes, les abeilles respirèrent et battirent de nouveau des ailes ; elles remontèrent sur les gâteaux, et bientôt « la température s'éleva au degré où ces insectes savent l'entretenir habituellement ». — Ce fait curieux montre bien l'intime relation qui existe entre la respiration et la production de la chaleur propre des abeilles.

Les recherches de Newport (3) sur la chaleur propre d'un certain nombre d'insectes, considérés isolément, ont eu un retentissement considérable à l'époque de leur publication ; mais Dutrochet (4) en a fait plus tard un examen critique, et il a montré que les chiffres, beaucoup trop élevés, obtenus par l'observateur anglais, tiennent principalement aux conditions dans lesquelles il plaçait les animaux pour les observer : aussi, en changeant ces conditions, en éliminant les causes d'erreur qu'il reprochait à son devancier, est-il arrivé à des chiffres bien inférieurs, et qui paraissent plus rapprochés de la vérité. C'est ainsi qu'un *Bombyx terrestris*, qui avait offert à Newport une chaleur propre de 3°,6 à 5°,2, n'a présenté à Dutrochet que 0°,55. Chez un *Gryllus viridissimus*, le premier a trouvé de 2° à 2°,60, suivant que l'insecte était en repos ou agité, et le second n'a obtenu que 0°,31 à 0°,34. Enfin, la moyenne de vingt et une observations de Newport lui a donné 1°,49, et, selon Dutrochet, la moyenne de trente observations n'a pas dépassé 0°,35.

Ces résultats contradictoires ne doivent pas faire oublier que J. Davy (5) et

(1) *Recherches chimiques sur la respiration des animaux des diverses classes* (*Ann. de chimie et de physique*, 3e série, t. XXVI, p. 517).

(2) *Nouvelles observations sur les abeilles*, 2e édition, t. II, p. 335 à 337.

(*) Le texte dit 28°, mais, conformément à l'usage suivi de son temps, HUBER devait employer le thermomètre de Réaumur, bien qu'il n'en fasse pas la remarque.

(3) *Philosophical Transactions*, 1837, part. II, p. 259.

(4) *Annales des sciences naturelles* (Zoologie), 2e série, t. XIII, p. 5.

(5) *Ann. de chim. et de physique*, 1826, t. XXXIII, p. 196.

Dugès (1) ont observé, chez certains insectes, un excès considérable sur la température extérieure : ainsi, un *grillon* a offert au premier 22°,5, l'air n'en accusant que 16°,7 ; et le second de ces observateurs a trouvé chez le *Sphinx du caille-lait* (*Macroglossa stellatarum*, Lin.) une chaleur propre de 37°, par une température atmosphérique de 28°.

L'évaporation plus ou moins rapide dont la surface libre de la peau est le siége chez les *Annélides* et les *Mollusques* peut abaisser le chiffre de la chaleur de ces animaux de 1° au-dessous de la température de l'air qui les environne ; sous l'eau, elle ne diffère pas notablement de celle du milieu ambiant : c'est ce qu'ont démontré Berthold (2) et Dutrochet (3) sur la sangsue (*Hirudo medicinalis*) et le limaçon de vigne (*Helix pomatia*). Quant aux observations faites sur ces animaux réunis en nombre plus ou moins considérable dans un espace limité, elles prouvent qu'ils possèdent une chaleur propre. Durant l'été, B. Gaspard (4) mit dans un pot vingt-quatre limaçons de jardin, et le descendit à la cave : le thermomètre monta dans le vase de près d'un degré au-dessus de la température ambiante, qui était de 13°.

La chaleur propre des *Crustacés* pris isolément ne paraît pas appréciable : c'est, du moins, ce qui résulte des expériences faites par John Davy, Berthold et Dutrochet, sur l'écrevisse commune (*Astacus fluviatilis*).

On peut en dire autant des *Zoophytes*, malgré les résultats publiés par Valentin, qui a conclu de ses observations que, chez les animaux de cette classe, la chaleur propre oscille entre 0°,20 et 1°, et qui a donné les moyennes suivantes : 0°,21 pour les *polypes ;* 0°,27 pour les *méduses ;* et 0°,40 pour les *échinodermes.* Le même auteur a indiqué aussi comme moyennes de la chaleur propre des mollusques, 0°,46 ; des céphalopodes, 0°,57 ; des crustacés, 0°,60. Mais, ainsi que le fait remarquer Dutrochet (5), ces résultats ne présentent pas de garanties suffisantes, l'auteur n'ayant pas fait connaître les moyens qu'il a mis en usage pour se soustraire aux causes d'erreur inhérentes à ce genre d'observations. De plus, quelques-uns des résultats annoncés sont évidemment inexacts : tel est celui du chiffre de 0°,6 trouvé à la surface de la peau de l'*Aplysia leporina* observé à l'air, lequel descend à 0°,5 quand cet animal est plongé dans l'eau. L'intensité du refroidissement, qui est la conséquence de l'évaporation rapide dont la peau est le siége au contact de l'air, ne peut pas être compensée et même surpassée par l'excès de pouvoir refroidissant de l'eau, quand il s'agit d'observations faites dans les conditions ordinaires de température de ces deux milieux.

L'opinion de Dutrochet est d'ailleurs ici conforme aux résultats observés par Berthold (6), qui a constaté, sur la *sangsue* médicinale, la *limace* et le *lombric*, que la température de ces animaux est plus basse à l'air que sous l'eau, par suite de l'évaporation qui a lieu à la surface de la peau.

Enfin, les expériences faites par Ch. Martins (7) sur un grand nombre d'oursins (*Spatangus purpureus*), dans la mer du Nord, tendent à prouver que ces zoo-

(1) *Traité de physiologie comparée*, note de la page 49, t. II, 1838.
(2) *Nouvelles observations sur la température des animaux à sang froid*. Gœttingen, 1835.
(3) *Loc. cit.*
(4) *Journal de physiologie expérimentale* de MAGENDIE, t. II, p. 312.
(5) *Loc. cit.*
(6) *Ouvr. cit.*
(7) *Annales des sciences naturelles* (Zoologie), 3e série, 1846, t. V, p. 187.

phytes ont une température peu différente de celle de l'*eau* dans laquelle ils vivent, et, de plus, qu'ils se mettent très promptement en équilibre thermométrique avec le milieu ambiant.

Dutrochet (1), dont l'autorité en pareille matière ne saurait être révoquée en doute, conclut de ses recherches que « la respiration de l'air élastique donne lieu à un plus grand développement de chaleur vitale que ne le fait la respiration de l'air dissous dans l'eau. » Ce qui se passe chez les *insectes*, dont les organes respiratoires sont très développés, vient à l'appui de cette proposition. Leur chaleur propre atteint, lorsqu'ils sont à l'état parfait, un chiffre supérieur à celui que l'on observe chez tous les autres animaux à basse température. D'un autre côté, ceux de ces animaux qui respirent par des branchies, offrent une chaleur vitale tellement faible, qu'il est souvent très difficile, sinon impossible, de l'apprécier à l'aide de nos instruments thermométriques.

Ce rapport intime de la chaleur propre des êtres vivants avec la respiration, rapport que nous avons déjà signalé, nous conduit à admettre *à priori* l'existence de cette chaleur partout où il y a vie, si obscure soit-elle. En conséquence de cette loi, les *œufs* doivent en être doués du moment qu'ils sont fécondés. C'est effectivement ce qui a lieu : de même que les expériences de Baudrimont et Martin Saint-Ange (2) prouvent qu'ils sont alors le siége des actes chimiques caractéristiques de la respiration, à savoir, de l'absorption de l'oxygène et du dégagement de l'acide carbonique, de même aussi les observations de J. Hunter (3) établissent qu'ils produisent en même temps de la chaleur, car ils opposent à l'action d'un mélange réfrigérant plus de résistance que ne le font les œufs de même espèce quand ils n'ont pas reçu la vie avec la fécondation. Ajoutons que la température de ceux-ci reste inférieure de plus de 1° à celle des premiers, quand les uns et les autres sont soumis comparativement à l'incubation.

Si maintenant des animaux nous passons aux PLANTES, nous trouvons que les mêmes causes conduisent à des résultats identiques.

Nous avons vu en effet, en traitant de la *respiration*, que, dans les plantes, outre l'action réductrice exercée par les parties vertes sous l'influence de la lumière, et généralement regardée comme leur véritable phénomène respiratoire, il existe aussi une autre série de faits dépendants d'une *action comburante*, et éminemment remarquables par leur analogie avec ceux de la respiration des animaux. Comme conséquence de cette dernière action, on voit également se produire une élévation de température qui, dans certains cas, est même très considérable. La production de chaleur dans les végétaux, en pleine activité vitale, a été bien étudiée surtout par Dutrochet ; il a constaté, à l'aide d'expériences très délicates, que, dans les *parties vertes*, cette chaleur ne peut guère surpasser un quart ou un tiers de degré centigrade, et n'est bien souvent que d'un dixième ou d'un douzième de degré. Dans les *fleurs*, au contraire, on a observé des températures parfois très élevées : la floraison est, en effet, accompagnée d'un échauffement des diverses parties de la fleur, et la famille des *aroïdées* sur-

(1) *Loc. cit.*, p. 54.
(2) *Études anatomiques et physiologiques sur le développement du fœtus*. (Mémoire qui a remporté le grand prix des sciences physiques en 1846.)
(3) *Loc. cit.*, t. IV, p. 223 et 220.

tout offre ce phénomène porté à un haut degré d'intensité, puisqu'il est telle observation où l'on a reconnu une différence de plus de 20° au-dessus de la température ambiante.

Il importe de faire observer que cette chaleur ne se montre pas d'une manière continue, mais bien avec le caractère de paroxysmes, dont le maximum correspond à l'accroissement d'activité de l'absorption d'oxygène. Pour le spadice de l'*Arum maculatum*, l'élévation de la température locale se manifeste deux jours avant l'ouverture de la spathe; elle augmente progressivement, et, le premier jour de la floraison, elle atteint son degré le plus élevé : la partie supérieure et renflée en massue du spadice en est le siége principal ; la spathe s'épanouit rapidement. Le paroxysme du second jour est moins intense; il a lieu avant midi, et même se produit dans la plus complète obscurité : il se manifeste dans les fleurs mâles et préside à l'émission du pollen. A partir de ce moment, la chaleur diminue d'une manière graduelle (1).

L'inégale distribution de cette chaleur accidentelle coïncide avec des différences correspondantes dans les proportions d'oxygène absorbé et d'acide carbonique formé : « Le cornet de l'*arum* détruit *cinq fois* son volume de gaz oxygène; la massue en détruit *trente fois* son volume, et, dans la partie de cette massue qui porte les organes sexuels, l'effet a été jusqu'à *trente-deux fois* (2). » Après la floraison, tout rentre dans l'ordre accoutumé, absorption d'oxygène et température du spadice et de la spathe.

Vrolick et de Vriese (3) ont également constaté que, concurremment avec l'élévation de température qui se manifeste dans le spadice du *Colocasia odora*, à l'époque de la floraison, l'oxygène de l'air environnant disparaît et est remplacé par de l'acide carbonique.

Antérieurement à ces travaux, Théod. de Saussure (4) avait fait un grand nombre d'expériences pour comparer les proportions d'oxygène absorbé par les fleurs ou par les feuilles d'un certain nombre de plantes, et pour mesurer la chaleur qui accompagne cette absorption.

La chaleur produite dans ces conditions de la vie végétative peut atteindre un chiffre bien supérieur à ceux que nous venons de citer. Ainsi, Hubert (5) a constaté que, dans l'*Arum cordifolium* de l'île de France, l'air ambiant étant à 19°, la chaleur de la plante monte à 44° et même à 49°. Le maximum a lieu au lever du soleil. Nous devons ajouter que ces effets remarquables ont été obtenus en liant plusieurs spadices autour d'un thermomètre à mercure (*).

Nous ne croyons pas nécessaire de multiplier ces exemples d'une *chaleur propre* dans les plantes. Nous ferons seulement observer que ce phénomène physiologique n'a rien de commun avec l'excès de température *intérieure* que présentent, dans les saisons froides, certains arbres vivants : cet excès tient à ce qu'ils

(1) DUTROCHET, *Comptes rendus des séances de l'Acad. des sciences de Paris*, t. IX, p. 781.
(2) DE CANDOLLE, *Physiologie végétale*, t. II, p. 551.
(3) *Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences*, 1840, t. XI, p. 771.
(4) *Annales de chimie et de physique*, 2ᵉ série, 1822, t. XXI, p. 279.
(5) BORY SAINT-VINCENT, *Voyage dans les quatre principales îles des mers d'Afrique*, en 1801 et 1802, p. 67.

(*) Ici, encore, il est important de faire remarquer que les expériences d'HUBERT remontent à une époque à laquelle le thermomètre de RÉAUMUR était toujours employé par les physiciens. Il conviendrait peut-être, d'après cette observation, de substituer aux nombres 19°, 44° et 49°, ceux de 23°,75, 55° et 61°,25, qui leur correspondent en valeurs du thermomètre centigrade.

reçoivent, dans leurs tissus, une certaine quantité d'eau aspirée par les racines, à une profondeur où le sol est plus chaud que l'air atmosphérique. En été, au contraire, le sol, à cette même profondeur, est plus frais que l'air ; aussi l'eau qu'y puisent les racines, et qu'on peut extraire de l'arbre ou des fruits qu'il porte, offre-t-elle parfois une remarquable fraîcheur : c'est ce qui arrive, par exemple, pour le *lait du coco* et pour certains *fruits des tropiques*. Cette conservation des qualités thermiques de la séve et des autres liquides végétaux est favorisée par la faible conductibilité du tissu ligneux pour la chaleur.

III. — Nous avons déjà posé en principe que *la chaleur propre des êtres vivants*, et en particulier des animaux, *prend exclusivement sa source dans les réactions chimiques dont l'économie est le siége.*

Or, ces réactions se passant dans la profondeur des tissus, c'est au sein des tissus eux-mêmes que se développe la chaleur qui en est la conséquence, et cela avec une intensité proportionnelle à l'énergie de ces mêmes réactions. Chez les animaux, le sang est le véhicule de la chaleur produite ; aussi l'élévation de la température d'un organe est-elle intimement liée à l'abondance avec laquelle le sang y afflue dans un temps donné, les autres conditions étant supposées les mêmes, et abstraction faite de la chaleur résultant de l'action de l'organe lui-même. Que si la chaleur est, comme l'expérience le prouve, inégalement répartie dans les différents points du corps, cela dépend, d'une part, de ce que les pertes, par l'action des causes extérieures, ne sont pas partout les mêmes, et, de l'autre, de ce que tous les organes n'agissent pas avec une égale énergie et d'une manière simultanée.

On doit à John Davy (1) des recherches sur les *différences que présente la chaleur animale dans les diverses régions du corps*. Ces différences sont parfois très considérables : ainsi, dans une expérience faite sur un homme, la température de l'aisselle était de 36°,67, tandis qu'à la plante du pied on ne trouvait que 32°,22. En général, suivant J. Davy, les parties superficielles sont moins chaudes que les parties profondes ; la chaleur est plus élevée dans le bassin que dans le cerveau ; elle est au contraire la même, et à son maximum, dans le poumon, le cœur, le foie et les viscères voisins. Au niveau des gros vaisseaux, et surtout aux plis des articulations, elle est toujours plus considérable que dans les autres points de la surface cutanée ; enfin, il y a un demi-degré en faveur du ventricule gauche du cœur sur le droit, différence un peu moindre que celle qui existe entre le sang artériel et le sang veineux.

Plusieurs de ces propositions, et notamment celle qui est relative à la supériorité du cœur gauche sur le cœur droit au point de vue de leur chaleur respective, ont été infirmées par des expériences ultérieures dont nous présenterons plus loin l'analyse.

Breschet et Becquerel (2), en se servant des aiguilles thermo-électriques qui leur permettaient d'opérer dans des conditions peu différentes de l'état physiologique, ont reconnu que le tissu cellulaire est de 1°,38 à 1°,83 moins chaud que les muscles ; mais cette proposition, pour être vraie, doit s'appliquer au tissu cellulaire superficiel comparé aux muscles plus profondément situés. Le fait dont il s'agit

(1) *An Account on some Experiments on Animal Heat* (*Philosoph. Transact. of Royal Society of London*, 1814, t. CIV, p. 590).

(2) *Ann. des sc. natur.* (Zoologie), 2e série, 1835, t. III, p. 257, et t. IV, p. 243.

est une conséquence de la marche que suit le refroidissement du corps sous l'influence du milieu qui l'environne.

J. Hunter (1) avait déjà fait plusieurs expériences destinées à mettre en évidence la facilité avec laquelle sont affectées, par le froid extérieur, les parties plus ou moins saillantes qui s'éloignent de la masse commune, telles que les orteils, les doigts, le nez, les oreilles, la crête des oiseaux, celle du coq en particulier, etc. C'est ainsi qu'il a mesuré la température de l'urèthre à l'aide d'un thermomètre successivement enfoncé à différentes profondeurs; cette température s'élevait à mesure que l'instrument pénétrait plus avant: elle était de 33°,33 à 2cent,54, de 33°,89 à 5cent,08, de 34°,44 à 10cent,16, et enfin, au bulbe, elle atteignait 36°,11. La verge ayant été plongée dans de l'eau à 18°,33, le thermomètre ne marquait plus que 26°,11 à la profondeur de 3cent,81; tandis qu'il s'élevait à 37°, après immersion dans de l'eau à 40°, limite extrême de la chaleur locale que pouvait supporter l'homme soumis à l'expérience.

H. Roger (2) a étudié, chez les enfants, la distribution de la chaleur dans les régions superficielles et faciles à explorer au moyen du thermomètre : il a trouvé que l'*aisselle* et l'*abdomen* ne présentent, l'une par rapport à l'autre, que des différences de température presque insignifiantes; au contraire, la *bouche* et les *extrémités des membres* qui sont plus accessibles aux influences extérieures, sont toujours plus froides que le creux axillaire, d'une quantité qui varie de 0°,25 à 4° pour la première, et de 5° à 6° pour les *pieds* et les *mains*.

Les faits qui précèdent offrent assurément de l'intérêt ; mais la connaissance de la température du *sang* dans les vaisseaux artériels et veineux, dans les *viscères*, et particulièrement dans les *cavités du cœur*, est d'une tout autre importance pour l'étude de la chaleur animale.

Un grand nombre d'auteurs se sont occupés de ce problème, et les résultats qu'ils ont obtenus se sont trouvés assez concordants, lorsque les expériences ont été comparables et convenablement exécutées. Ainsi, quand l'examen du sang a été fait *dans les membres*, on a toujours constaté que *le sang artériel est un peu plus chaud que le sang veineux*. En second lieu, *les cavités droites du cœur* ont constamment offert un léger excès de température sur les *cavités gauches*, toutes les fois que l'observation a porté sur un animal vivant dont la circulation n'était pas interrompue dans les parties explorées au moyen du thermomètre, et dont la poitrine n'avait pas été ouverte assez largement pour enrayer les fonctions du cœur et des poumons.

La diminution de la température du sang veineux, dans les membres, s'explique par l'influence réfrigérante du milieu ambiant.

Mais comment se rendre compte de la chaleur plus grande de ce même sang ramené par le mouvement circulatoire aux cavités droites du cœur? A quelle source et en quel point de son trajet puise-t-il l'excès de chaleur dont il a besoin pour réparer la perte qu'il a éprouvée en traversant les parties périphériques et superficielles du corps ?

Suivant Cl. Bernard (3), le sang veineux s'échauffe dans l'appareil digestif,

(1) *Ouvr. cit.*, p. 214.

(2) *De la température chez les enfants à l'état physiologique et pathologique* (*Archives générales de médecine*, 4e série, 1845, t. IX, p. 266).

(3) *Leçons sur les propriétés physiologiques et les altérations pathologiques des liquides de l'organisme*, t. I, p. 86.

au point d'y acquérir un excès notable de chaleur sur le sang artériel, et c'est dans les veines sus-hépatiques que ce fluide présente son maximum de température (*) : par conséquent, dit cet auteur, le *foie* doit être considéré comme un des foyers principaux de la chaleur animale.

Dans le poumon, au contraire, le sang paraît plutôt perdre qu'acquérir de la chaleur, pendant la transformation qu'il y subit. Sans doute les phénomènes chimiques de l'hématose s'accompagnent, au sein même de cet organe, d'une certaine élévation de température ; mais celle-ci est plus que compensée par le refroidissement résultant du contact médiat de l'air inspiré, et de l'évaporation de l'eau à la surface de la membrane muqueuse pulmonaire. Aussi le sang du ventricule gauche du cœur est-il un peu moins chaud que celui du ventricule droit : dans les expériences de Cl. Bernard (1), la différence était de 0°,1 à 0°,2 chez le chien, de 0°,018 à 0°,252 chez le mouton ; chez un veau né à terme et offrant une ectopie complète du cœur, Hering (2) a trouvé que le sang était de 1°,53 plus chaud dans le ventricule droit que dans le gauche.

D'autres observateurs avaient déjà constaté expérimentalement cet excès de chaleur du sang du ventricule droit comparé à celui du ventricule gauche : dans l'expérience exécutée par Malgaigne (3), sur une chienne vigoureuse, dans le but de comparer la température des deux sangs, la différence a été trouvée de 1°.

Mais quand la circulation a cessé, et surtout lorsqu'en outre le cœur reste exposé au contact de l'air, par suite de l'ouverture de la poitrine, les rôles s'intervertissent, et le thermomètre ne tarde pas à accuser dans les cavités gauches de cet organe une température sensiblement plus élevée que dans les cavités droites. — Cela est dû à ce que la moindre épaisseur des parois ventriculaires droites permet alors un refroidissement plus rapide du sang qu'elles renferment.

Il n'est donc pas surprenant que J. Davy (4), en opérant sur le cœur d'agneaux tués par hémorrhagie depuis *un quart d'heure*, ait trouvé une différence de 0°,56 en faveur du ventricule gauche. D'autre part, G. Liebig, observant la marche de deux thermomètres aussi comparables que possible et plongés dans l'eau chaude dont il avait rempli les ventricules du cœur d'un chien, a vu, au bout de *cinq minutes*, celui du ventricule droit sensiblement plus bas que l'autre.

Pour des expériences aussi délicates, il vaut mieux n'employer jamais qu'un seul et même thermomètre, que l'on fait passer d'un ventricule à l'autre, en renversant, dans chaque série d'observations, l'ordre suivant lequel on explore les cavités.

Le *sang*, avons-nous dit, est le répartiteur de la chaleur développée au sein des tissus : c'est ce qui résulte des recherches de Collard de Martigny (5) qui explorait la température des organes profonds à l'aide d'un thermomètre dont la boule était introduite par une ouverture faite à la peau et à travers le tissu cellulaire, en évitant avec soin de léser les vaisseaux environnants ; puis il exposait cette même

(*) Chez les animaux les plus vigoureux, cette chaleur a pu s'élever à 41°,6 ; et la température du sang, mesurée dans les veines sus-hépatiques au sortir du foie, s'est montrée parfois supérieure de 0°,8 à celle que le même fluide offrait dans la veine porte avant de pénétrer dans ce viscère.

(1) *Ouvr. cit.*, p. 110 et 116.
(2) *Arch. für physiolog. Heilkunde*, 1850.
(3) Collard de Martigny, *De l'influence de la circulation générale et pulmonaire sur la chaleur du sang* (*Journal complémentaire des sciences médicales*, t. XLIII, p. 286 et 287).
(4) *Philosoph. Transact.*, 1814, t. CIV, p. 596.
(5) *Ouvr. cit.*, p. 269 et suiv.

boule au jet de sang sortant d'un vaisseau voisin, largement ouvert. En opérant ainsi, il a reconnu que la température du *sang* est tantôt inférieure, tantôt égale et tantôt supérieure à celle de quelqu'une des parties qu'il parcourt, et que, par conséquent, il enlève ou cède de la chaleur aux organes avec lesquels le mouvement circulatoire le met en contact.

Ce rôle du sang comme équilibrateur de la chaleur animale ressort plus évidemment encore des expériences de Cl. Bernard (1). Ce fluide a toujours été trouvé moins chaud que les organes qu'il traverse, et pour n'en citer qu'un exemple, la température du gros intestin s'est montrée constamment supérieure à celle des gros vaisseaux (2). — La chaleur moindre du sang veineux comparé au sang artériel, que l'on constate dans les observations ordinaires, ne prouve rien autre chose, si ce n'est que, dans les parties où on l'observe, les phénomènes de calorification sont masqués par certaines influences physiques, que favorisent la position ou la conformation des organes : c'est ce qu'on voit particulièrement dans les extrémités des membres.

Pour terminer ce qui est relatif à la distribution de la chaleur dans les différentes parties du corps, nous ferons observer que le *rectum*, dont les expérimentateurs font fréquemment choix pour y introduire le thermomètre, a offert dans beaucoup de cas une température supérieure à celle du cœur droit ou gauche (3), et suivant J. Davy, à celle du cerveau (4).

L'intensité de la chaleur propre des êtres vivants est susceptible de varier sous l'influence d'un grand nombre de causes, dont les plus importantes ont donné lieu à des recherches aussi multipliées que savantes. Déjà, en traitant de la *Respiration* (p. 555), nous avons étudié la part qui doit être attribuée à ces causes dans les modifications qu'éprouvent les phénomènes chimiques de cette fonction : or, comme la plus intime relation existe entre ces mêmes phénomènes et la chaleur animale, dont l'élévation leur est en quelque sorte subordonnée, il nous suffira, dans l'exposé que nous allons faire, de suivre pas à pas l'étude correspondante dans la fonction respiratoire, et d'interpréter, au point de vue de la température produite, les résultats obtenus pour la première à l'aide de l'observation directe.

L'espèce animale ; — la taille et le poids du corps de l'individu ; — l'âge et le sexe ; — l'état de plénitude ou de vacuité de l'estomac ; — le régime alimentaire ; — l'insuffisance de l'alimentation, l'inanition ; — l'état de repos ou de travail physique ou intellectuel ; — l'état de veille ou de sommeil ; — l'engourdissement hibernal propre à certains animaux ; — la constitution chimique du milieu ambiant, sa température, son état hygrométrique ; — les variations de la pression extérieure ; — le nombre et la profondeur des inspirations ; — divers états pathologiques, — telles sont les conditions et les causes dont l'influence sur l'activité respiratoire a été précédemment étudiée. Telles sont aussi (à quelques-unes près qu'on trouvera indiquées dans les pages suivantes) les conditions et les causes qui influent sur le plus ou moins de chaleur produite pendant la vie.

A. — On a vu précédemment que, dans les *espèces animales différentes*, le

(1) *Ouvr. cit.*, p. 139.
(2) *Ouvr. cit.*, p. 149.
(3) Cl. Bernard, *ouvr. cit.*, p. 140.
(4) *Philos. Trans.*, vol. CIV, p. 600.

thermomètre accuse des températures qui varient depuis une fraction de degré jusqu'à près de 14° (*) : quant aux plantes, c'est seulement dans quelques individus et au moment de la fécondation, qu'il est possible d'y constater le développement d'une chaleur dont le chiffre peut dépasser 61° (**).

Mais, les notions fournies par l'exploration thermométrique, tout exactes qu'elles sont, ne sauraient conduire à une évaluation même approximative des quantités de chaleur produite dans un temps donné : il est indispensable, pour arriver à cette évaluation, de mesurer aussi exactement que possible les quantités d'oxygène consommé, d'acide carbonique et de vapeur d'eau exhalés : et, de plus, de rapporter toutes ces valeurs à un poids uniforme, afin que les résultats obtenus soient comparables entre eux.

C'est d'après ces principes que nous avons formé le tableau suivant, calqué sur celui qui a été donné plus haut (p. 556), et dans lequel la chaleur produite par la combustion du *carbone*, pour donner naissance à l'*acide carbonique* exhalé, et celle qui résulte de la combustion de l'*hydrogène* entrant dans la composition de l'*eau formée* (laquelle se trouve confondue dans les produits de l'expiration avec celle qui n'est que simplement vaporisée) sont calculées pour *une heure* de durée et *un kilogramme* de chaque espèce animale.

NOMS DES ESPÈCES.	OXYGÈNE ABSORBÉ.	ACIDE CARBONIQUE EXHALÉ.	EAU PRODUITE.	NOMBRE de calories résultant de la combustion du carbone.	NOMBRE de calories résultant de la combustion de l'hydrogène.	NOMBRE TOTAL de calories produites.
MAMMIFÈRES.	Gr.	Gr.	Gr.	Calor.	Calor.	Calor.
Lapins	0,883	1,109	0,086	2,448	0,3308	2,7788
Chiens	1,183	1,195	0,353	2,638	1,3543	3,9923
Marmottes . .	0,986	1,016	0,279	2,243	1,0683	3,3113
OISEAUX.						
Poules.	1,035	1,368	0,046	3,019	0,1757	3,1947
Canards	1,850	2,126	0,342	4,693	1,3095	6,0025
Verdiers.	11,371	11,334	3,519	25,021	13,4815	38,5025
Bec-croisé. . . .	10,974	11,930	2,585	26,335	9,8974	36,2324
Moineaux. . . .	9,595	9,583	2,954	23,752	8,1743	31,9263
REPTILES.						
Lézards	0,1916	0,1978	0,0537	0,436	0,2033	0,6393
Grenouilles. . .	0,0900	0,0910	0,0267	0,200	0,0999	0,2999
Salamandres. .	0,0850	0,1130	0,0032	0,248	0,0103	0,2583
INSECTES.						
Hannetons . . .	1,019	1,136	0,217	2,517	0,8305	3,3475
ANNÉLIDES.						
Vers de terre.	0,1013	0,1078	0,0257	0,237	0,0930	0,3300

(*) PALLAS, il est vrai, a trouvé 49°,44 chez le *Picus major*. Mais on doit remarquer que les évaluations données par cet auteur sont constamment supérieures à celles des observateurs venus après lui, ce qui fait suspecter d'exagération les résultats qu'il a énoncés.

(**) Voir ci-dessus, p. 1100, *note*.

Il suffit de jeter un coup d'œil sur ce tableau pour reconnaître, sous une autre forme, les résultats déjà donnés par l'exploration thermométrique directe : ici encore, en plaçant les animaux sur lesquels ont porté les expériences, dans l'ordre assigné par le chiffre du nombre de *calories* produites, on trouve que les *oiseaux* occupent le premier rang, et, parmi eux, ceux dont le vol est le mode habituel de locomotion distancent de beaucoup les autres ; viennent ensuite les *mammifères ;* puis sur le même rang, les *insectes ;* les *reptiles* n'arrivent qu'en troisième ligne, et même dans cette classe, ceux qui sont amphibies et à peau nue ne présentent pas de supériorité notable sur les *annélides.*

B. — On a vu précédemment que les phénomènes chimiques de la respiration sont dans un rapport inverse d'intensité avec le *volume* et le *poids* des animaux. V. Regnault et Reiset (1) ont formulé dans les termes suivants la onzième conclusion générale de leur mémoire :

« La consommation d'oxygène faite dans des temps égaux, par des poids égaux d'animaux appartenant à la même classe, varie beaucoup avec leur grosseur absolue. Ainsi, elle est dix fois plus grande chez les petits *oiseaux*, tels que les moineaux et les verdiers, que chez les poules. Comme ces diverses espèces possèdent la même température, et que les plus petites, présentant comparativement une surface beaucoup plus grande à l'air ambiant, éprouvent un refroidissement plus considérable, il faut que chez celles-ci les sources de chaleur agissent plus énergiquement, et que la respiration soit plus abondante. »

Ajoutons à ces observations que le mode de locomotion propre à ces petits oiseaux, mode dont l'influence sur la chaleur produite vient d'être signalée, augmente encore dans une proportion considérable le refroidissement qu'ils éprouvent par le rayonnement, le contact de l'air et l'évaporation.

Les mêmes remarques sont applicables à divers *insectes*, comme les *vers à soie*, qui, à poids égal, consomment à peu près autant d'oxygène que les *mammifères* inscrits au tableau précédent, et dont la masse est de 2000 à 10 000 fois plus considérable que la leur : si la température de ces insectes ne s'élève pas davantage au-dessus de celle de l'air qui les environne, cela tient à ce qu'ils présentent, en général, à l'action de ce même air, une peau humide et une surface relativement très étendue.

C. — Avec la vie, commencent les phénomènes physiques et chimiques qui la caractérisent ; avec ceux-ci, apparaît la production de chaleur qui en est la conséquence.

Quel que soit l'*âge* auquel on observe le nouvel être, dès l'instant qu'il est possible de l'isoler, pour le suivre dans son développement, on constate dans l'air qui l'environne les deux modifications signalées, à savoir : la diminution de la proportion d'*oxygène* et l'augmentation de celle d'*acide carbonique*. Un dégagement plus ou moins considérable de chaleur coïncide avec cette double altération de l'air.

L'*œuf* fécondé résiste plus énergiquement à l'action du froid extérieur que celui qui ne l'est pas, et, pendant l'incubation, il est le siége des actes chimiques qui caractérisent la respiration (*).

Les *graines* présentent des phénomènes absolument semblables, et la chaleur,

(1) *Ann. de chim. et de phys.*, 3e série, t. XXVI, p. 299.

(*) Voir plus haut, page 1099.

qui se développe parfois dans les amas de *blé* peut devenir assez considérable pour y faire naître des altérations plus ou moins profondes.

Chez les animaux vivipares, la chaleur propre du fœtus se confond avec celle de sa mère, et c'est seulement après la naissance, quand la respiration est bien établie, qu'il est possible de constater l'existence de cette chaleur chez le nouveau-né, et d'en mesurer l'étendue et les variations.

L'intime relation que nous avons déjà signalée entre l'activité respiratoire et l'élévation de la température propre des animaux permet d'ailleurs de déduire jusqu'à un certain point celle-ci de la première, et même de lui appliquer la loi physiologique formulée précédemment sur l'accroissement continu de la puissance respiratoire depuis la naissance jusqu'à l'âge adulte, et son décroissement à partir de cet âge jusqu'à la fin de la vie (page 560).

Les expériences thermométriques directes s'accordent assez bien avec cette proposition : ainsi, d'après W. Edwards (1), la moyenne de la température de dix enfants, bien portants, âgés de quelques heures à deux jours, n'atteignait que 34°,75, tandis qu'elle s'élevait à 36°,12 chez vingt adultes. Despretz (2) a trouvé 35°,06, en moyenne, chez trois jeunes garçons d'un à deux jours, 37°,4 chez neuf adultes de treize ans. Enfin H. Roger (3) a obtenu, sur neuf enfants naissants, une température moyenne de 36°,14 ; sur trente-cinq enfants âgés d'un à sept jours, 37°,08 ; sur treize enfants de quatre mois à six ans, 37°,11 ; et sur douze enfants de six à quatorze ans, 37°,31.

Les recherches du même auteur conduisent à un autre fait, qu'il est important de signaler, et qui consiste en ceci, que les écarts entre les températures *maximum* et *minimum*, observées dans chacune des séries précitées, vont toujours en diminuant à mesure qu'on s'éloigne de l'époque de la naissance. Cette particularité, qui prouve avec quelle facilité les petits enfants sont susceptibles de se refroidir, justifie le soin que l'on prend de les soustraire à l'influence réfrigérante du milieu ambiant, imitant en cela les animaux qui, fidèlement guidés par leur instinct, multiplient autour de leur progéniture les moyens les plus efficaces de protection contre le refroidissement extérieur. — W. Edwards (4) a vu chez de jeunes animaux (*moineaux*, *hirondelles*, *éperviers*) éclos depuis une semaine, la température descendre en une heure à 19°, de 35° à 36° qu'elle marquait lorsqu'il les avait retirés de leur nid.

Contrairement aux faits précédemment énoncés, John Davy (5) a trouvé, dans cinq observations sur l'espèce humaine, la température de l'enfant naissant supérieure d'un *demi-degré* à celle de la mère, et la différence s'éleva même à 1° dans les douze heures qui suivirent l'accouchement. D'un autre côté, dans les trente-trois observations mentionnées plus haut sur des nouveau-nés âgés d'un à sept jours, H. Roger a noté trois fois 38° et une fois 39°. Ce sont là de ces anomalies dont l'explication nous échappe, faute de renseignements sur les conditions particulières dans lesquelles les sujets se trouvaient placés au moment où l'observation a été faite.

Tous les animaux dits à *sang chaud* ne jouissent pas, au moment de la nais-

(1) *Influence des agents physiques sur la vie*, p. 235.
(2) *Ann. de chimie et de phys.*, 2ᵉ série, t. XXVI, p. 338.
(3) *Loc. cit.*
(4) *Loc. cit.*, p. 138.
(5) *An Account of some Experiments on Animal Heat* (*Phil. Trans.*, vol. CIV, p. 608).

sance, de la faculté de produire assez de chaleur pour se maintenir à une température élevée et constante quand on les expose à l'air, soit au printemps, soit en été. Il en est qui, dans ces circonstances, se refroidissent à la manière des vertébrés à *température variable*. — W. Edwards (1), à qui l'on doit cette curieuse remarque, indique, pour les mammifères, l'état des yeux à la naissance comme pouvant servir à les ranger dans le premier ou le second groupe, suivant que ces organes sont ouverts ou fermés. Cette particularité anatomique répond à un degré plus ou moins avancé de développement. Mais, chez l'enfant né avant terme, à six ou sept mois par exemple, bien qu'à cette époque les yeux soient ouverts, l'imperfection des organes respiratoires entraîne dans la fonction qui leur est dévolue une inertie relative, d'où résulte, comme conséquence nécessaire, une diminution dans la faculté de produire de la chaleur. C'est ce qu'a pu constater le même auteur (2) chez un enfant né à sept mois, lequel, observé deux ou trois heures après sa naissance, alors qu'il était près d'un bon feu, bien emmaillotté et bien portant, ne fit monter qu'à 32° le thermomètre placé sous l'aisselle.

Dans la vieillesse, la puissance respiratoire va toujours en diminuant, et la chaleur propre subit une décroissance correspondante. W. Edwards assigne comme limites de la température des sexagénaires 35° à 36°, et, pour les octogénaires, 34° à 35°. — H. Roger (3) a trouvé en moyenne, chez sept vieillards de soixante-douze à quatre-vingt-quinze ans, 36°,68 dans l'aisselle, et 36°,23 dans la bouche. — Piorry (4) a observé, chez un vieillard de quatre-vingts ans, 35° dans l'aisselle et 32°,5 dans la bouche. — On doit à J. Davy (5) une suite d'observations thermométriques, faites dans le Westmoreland sur des vieillards âgés de quatre-vingt-sept à quatre-vingt-quinze ans : tous étaient bien portants et en position d'être convenablement vêtus et nourris. Au moment de l'expérience, ils étaient assis au coin de leur feu, dans une chambre dont la température s'est maintenue entre 11°,1 et 15°,5; ils avaient pris leur repas peu de temps auparavant : le thermomètre a donné en moyenne 36°,84, c'est-à-dire 0°,47 de moins que la moyenne générale des cent cinquante observations faites par le même auteur sur des sujets de différents âges. — A Ceylan, il avait eu l'occasion de faire une expérience comparative sur un vieillard de cent ans accomplis, accompagné d'un enfant de douze ans : tous deux étaient légèrement vêtus et se plaignaient du froid. L'observation eut lieu à sept heures du matin, hors des habitations, l'air étant à 22°,3. Chez le vieillard, la température sous la langue était de 35°, et sous l'aisselle de 35°; chez l'enfant, dans les mêmes points, le thermomètre marquait 36°, et 35°,8. — Enfin, la température d'un vieillard de quatre-vingt-huit ans, observée sous la langue, descendit successivement de 37°,5 à 36°,6 et à 35°,5, par suite du refroidissement de l'air ambiant qui, de 15°,5 s'abaissa à 12°,8, et enfin à 6°,7.

Ainsi, aux deux périodes extrêmes de la vie, l'absorption d'oxygène et la production d'acide carbonique sont beaucoup moindres que dans l'âge adulte. La chaleur propre subit alors une diminution proportionnelle; mais de plus, par suite de l'inertie musculaire qui caractérise les premiers mois aussi bien que les dernières années de l'existence, le vieillard, comme le très jeune enfant, oppose

(1) *Loc. cit.*, p. 232.
(2) *Loc. cit.*, p. 235.
(3) *Archives générales de médecine*, 4e série, t. V, p. 291.
(4) *Traité de diagnostic et de séméiologie*, t. III, p. 38.
(5) *Ann. de chimie et de physique*, 3e série, t. XIII, p. 178.

une moindre résistance aux causes extérieures de refroidissement, et l'un et l'autre éprouvent le plus impérieux besoin d'en être préservés par tous les moyens que l'hygiène met à notre disposition.

D. — Davy (1) est, à notre connaissance, le seul auteur qui ait cherché à déterminer expérimentalement l'influence du *sexe* sur la chaleur animale. Dans quatre séries d'expériences pratiquées sur des individus de même nation, et avec des conditions extérieures aussi semblables que possible, il a trouvé deux fois une légère différence en faveur des hommes, et deux fois une différence à peu près correspondante en faveur des femmes. La moyenne générale pour celles-ci a été de 38°,38, et, pour les premiers de 38°,39, valeurs qu'il est permis de considérer comme identiques, puisqu'elles ne diffèrent entre elles que de 0°,01. Rappelons ici que, d'après Andral et Gavarret (2), la respiration est plus active dans le sexe masculin, et que l'établissement des menstrues marque dans la vie des femmes un véritable temps d'arrêt pour l'exhalation d'acide carbonique, qui se maintient, jusqu'à l'âge du retour, dans les limites qu'elle avait atteintes vers la fin de la seconde enfance (voy. page 562). — Devons-nous en conclure que la femme produit moins de chaleur que l'homme ? Non sans doute, puisque, d'une part, les expériences de J. Davy semblent prouver que cette production est égale dans les deux sexes ; et, de l'autre, les recherches d'Andral et de Gavarret conduisent à cette conclusion, que *la fonction utérine est supplémentaire de la fonction pulmonaire* (3), et, par conséquent, que la quantité de carbone brûlé dans l'acte respiratoire ne peut pas servir, chez la femme menstruée, à mesurer la quantité de chaleur produite.

Il est d'ailleurs une circonstance qui tend à faire admettre que la production de chaleur est plus active chez la femme que chez l'homme : c'est l'énergie avec laquelle elle résiste aux causes extérieures de refroidissement. Habituellement vêtue et chaussée plus légèrement que nous, elle assiste pendant des heures entières, immobile, la tête, le cou, les épaules, la poitrine et les bras nus, à des représentations théâtrales, à des cérémonies religieuses, et même à des fêtes qui se donnent en plein air par une température parfois assez rigoureuse. Se livre-t-elle à l'exercice de la natation, fréquente-t-elle les bains de mer, elle est moins que l'homme arrêtée par les intempéries de la saison, et souvent même elle oppose alors aux conseils de la prudence la résistance la plus obstinée et la plus aveugle. —Il serait facile de multiplier les preuves de cette insensibilité relative des femmes au froid extérieur, insensibilité qui trouve peut-être son explication dans la prédominance de l'action nerveuse particulière au sexe féminin, et dans l'influence de cette même action sur la caloricité par l'intermédiaire de la circulation.

E. — L'ingestion des *aliments* augmente à la fois l'absorption de l'oxygène et le dégagement de l'acide carbonique (*) : par conséquent, la chaleur animale doit s'accroître par suite de cette ingestion. Mais cette élévation définitive du chiffre de la chaleur produite n'en est pas moins précédée d'un refroidissement momentané, qui succède immédiatement au repas : tout le monde a éprouvé qu'au

(1) *Ann. de chim. et de phys.*, t. XXXIII, p. 187.
(2) *Ibid.*, 3e série, t. VIII, p. 129.
(3) GAVARRET, *De la chaleur produite par les êtres vivants*, p. 353.

(*) Voir ci-dessus, p. 563.

sortir de table on est plus sensible au froid. En hiver, on sent le besoin de se rapprocher du feu, ce qui tient au mouvement fluxionnaire qui se fait du côté de l'appareil digestif, et, en particulier, de l'estomac, aux dépens de la périphérie du corps. — La basse température des boissons que l'on ingère doit aussi concourir à ce refroidissement, qui n'a d'ailleurs qu'une courte durée et est promptement remplacé par une sensation générale de chaleur (*).

Aug. Duméril (1) a suivi, le thermomètre à la main, les variations de la température des serpents durant le travail de la digestion. Il a reconnu qu'après s'être élevée brusquement, elle a continué à monter d'une manière progressive jusqu'à ce qu'elle eût atteint un maximum, à partir duquel elle a offert une marche décroissante. En général, l'élévation a été de 2°,4 ; mais, dans certains cas, elle a atteint 6°,5, et, dans d'autres, elle n'a pas dépassé 1°.

La *quantité d'aliments* ingérés exerce une grande influence sur la chaleur produite. Lorsque cette quantité est insuffisante, qu'il y a *inanition*, l'activité des phénomènes respiratoires diminue : l'absorption d'*oxygène* a lieu en moindre proportion qu'à l'état normal; l'exhalation d'*acide carbonique* subit une diminution plus notable encore, d'où il semble résulter que l'animal, à l'état d'inanition, brûle une plus forte proportion d'*hydrogène* que dans les conditions ordinaires (voy. page 564). De plus, c'est à ses propres dépens que l'animal privé d'aliments se nourrit ; il consomme, pour les besoins de sa respiration, la substance même de ses tissus, et surtout les graisses mises en dépôt dans divers points de son organisme.

Il en résulte, d'une part, que le refroidissement de l'animal est beaucoup moins rapide, pendant les premiers jours d'inanition, qu'il ne devrait l'être eu égard à la lenteur de l'activité des combustions respiratoires, évaluées d'après le chiffre de l'acide carbonique exhalé ; et, de l'autre, que les produits de ces combustions ne diffèrent pas alors de ceux qui, comme on le verra plus loin, prennent naissance sous l'influence de l'alimentation animale.

Lavoisier a parfaitement apprécié ces effets de l'inanition, dont la science moderne vient de donner une analyse aussi exacte que complète : « Dans la respiration, dit-il, comme dans la combustion, c'est l'air de l'atmosphère qui fournit l'oxygène et le calorique ; mais, comme dans la respiration, c'est la substance même de l'animal, c'est le sang qui fournit le combustible. Si les animaux ne réparaient pas habituellement par les aliments ce qu'ils perdent par la respiration, l'huile manquerait bientôt à la lampe, et l'animal périrait comme une lampe s'éteint lorsqu'elle manque de nourriture (2). »

Ch. Martins (3) a fait d'intéressantes observations thermométriques sur l'influence que l'alimentation exerce sur la chaleur animale des palmipèdes : « Le hasard, dit-il, m'a fourni un excellent exemple pour mettre cette influence en relief. A la première écluse de la rivière de Lez, près de Montpellier, se trouvaient deux troupeaux de canards, vivant dans le même air, nageant pêle-mêle dans les mêmes eaux. L'un appartenait au moulin, et chaque matin en sortant de l'écurie et le

(*) L'effet réfrigérant des boissons est encore plus appréciable en été, alors qu'on les prend très froides, et surtout sous forme de *glaces*.

(1) *Ann. des sciences naturelles* (Zoologie), 3e série, t. XVII, p. 21.

(2) *Mémoires de chimie*, t. II, 5e mémoire sur la respiration, p. 58.

(3) *Mémoire sur la température des oiseaux palmipèdes du nord de l'Europe* (*Mémoires de l'Académie des sciences et lettres de Montpellier*, 1856, t. III, p. 189 à 224).

soir en y rentrant, ces canards recevaient une copieuse ration de grains avariés et de maïs ; l'autre troupeau était la propriété du pauvre éclusier qui ne leur donnait rien : ses oiseaux étaient réduits à manger ce qu'ils trouvaient dans la rivière... La différence moyenne entre les oiseaux du moulin et ceux de l'écluse est de 0°,8. En examinant les températures individuelles, le contraste devient encore plus frappant. Ainsi, c'est parmi les canards et les canes de l'écluse que se trouvent les températures les plus basses que j'aie observées, savoir : pour un canard 40°,82 ; pour une cane, 40°,90. Après avoir fait cette remarque, il m'est arrivé souvent de pouvoir affirmer, par la connaissance seule de la température, si des oiseaux étaient bien ou mal nourris. »

Des animaux de la même classe furent soumis à plusieurs abstinences successives, séparées par des intervalles pendant lesquels ils étaient nourris abondamment de maïs, d'avoine, de son et d'herbe. Après cinq jours d'abstinence, pendant lesquels ces oiseaux n'avaient eu que de l'eau où ils pouvaient se baigner, leur température avait baissé en moyenne de 0°,12 par vingt-quatre heures ; mais il est à remarquer que le refroidissement causé par la privation d'aliments ne s'est montré que le premier jour et à partir du cinquième : les second, troisième et quatrième, la température s'est relevée malgré la prolongation de l'abstinence. Chossat (1), dans ses recherches sur le même sujet, a observé, mais seulement le second jour, le même phénomène de réaction. D'après les expériences de cet auteur, la chaleur animale diminuait sous l'influence de l'inanition absolue de 0°,3 par jour en moyenne ; mais, le dernier jour de la vie, le refroidissement s'accélérait avec tant de rapidité que l'animal perdait, terme moyen, 1°,39 *par heure*. La perte totale de chaleur, pendant ce jour, qui souvent était incomplet, s'élevait à 14° ; et, au moment de la mort, le chiffre thermométrique moyen était de 24°,9, les valeurs extrêmes étant 34°,2 et 18°,5. — Les symptômes offerts par les animaux rappelaient alors ceux de la mort par le froid, et un réchauffement artificiel pouvait reculer le terme fatal.

Il est à propos de faire observer que ces effets de la privation complète d'aliments et de boissons se sont reproduits, mais avec plus de lenteur, dans les cas d'*alimentation insuffisante*. Chez les animaux soumis à ce dernier genre d'épreuve, la diminution progressive de la chaleur a offert moins de régularité, et elle a été parfois interrompue par des périodes de réaction pendant lesquelles cette chaleur atteignait et dépassait même son chiffre normal.

Ajoutons encore que, sous le triple rapport de leur nature, de leur marche et de leur intensité, les effets observés ont été les mêmes pour les mammifères et pour les oiseaux.

Cette influence de la vacuité ou de la plénitude de l'estomac sur la chaleur animale avait été signalée par Hippocrate (2) : « Quemadmodum arboribus terra, ita » animalibus ventriculus et nutrit et calefacit, et frigefacit. Frigefacit dum eva- » cuatur ; calefacit dum impletur. »

F. — La *nature de l'alimentation* n'exerce, comme on l'a vu (p. 566), aucune action bien importante sur l'activité même des phénomènes respiratoires : cette activité se maintient à peu près au même niveau, que le régime soit végétal ou qu'il

(1) *Mémoires présentés par divers savants étrangers*, t. VIII, p. 438.
(2) HIPPOCRATIS *opera omnia*, édit. Vander Linden, lib. *De humoribus*, t. I, p. 322.

soit animal. Toutefois, dans le premier cas, l'oxygène absorbé est employé en majeure partie et quelquefois même en totalité, à brûler le carbone du sang, pour former de l'acide carbonique qui est exhalé ; dans le second, au contraire, il se produit peu d'acide carbonique, et par conséquent, c'est avec l'hydrogène que l'oxygène atmosphérique absorbé se combine. Or, la quantité de chaleur dégagée est fort différente de part et d'autre : un kilogramme d'oxygène, pour former de l'acide carbonique, brûle 375 grammes de carbone, et dégage 3030 calories ; tandis que, pour donner naissance à de l'eau, cette même quantité d'oxygène exige 124 grammes d'hydrogène dont la combustion produit 4260 calories. — D'après les résultats publiés par Lavoisier et Séguin (*) concernant la consommation de l'oxygène chez l'homme, dans les principales conditions où il se trouve, un kilogramme de ce gaz peut être absorbé dans des limites de temps qui varient entre *huit* et *trente* heures, et par conséquent c'est aussi dans ce même laps de temps que l'effet calorifique précité peut prendre naissance. Notons, d'ailleurs, que ces effets se produiraient beaucoup plus rapidement encore dans une saison ou dans un climat rigoureux, alors que l'énergie des combustions respiratoires augmente proportionnellement à l'abaissement de la température et au mouvement que l'on se donne dans le but d'y résister.

Le régime alimentaire approprié aux saisons et aux climats divers est en parfait accord avec les faits que nous venons d'énoncer. En été et dans les pays chauds, on consomme une moindre quantité d'aliments qui, de plus, ne contiennent qu'une faible proportion de carbone (**). Le contraire a lieu en hiver et dans les pays froids.

Le docteur Hayes, chirurgien de la seconde expédition des États-Unis au pôle arctique, a étudié avec soin les habitudes et le régime de vie des Esquimaux. Il attribue à la nature et à la quantité des aliments dont ils se nourrissent, la résistance presque incroyable qu'ils opposent à l'influence dépressive du froid. Vivant presque sans feu, misérablement vêtus, continuellement exposés à une température excessivement basse, ils n'en constituent pas moins une race saine et vigoureuse, que n'attaquent ni le scorbut ni les affections tuberculeuses. Le morse, le veau marin, le narval, le saumon, l'ours, etc., forment leur nourriture ordinaire. Ils mangent habituellement la chair crue et en absorbent chaque jour de six à huit kilogrammes, dont un bon tiers de graisse. Ils avalent avec délices des morceaux d'huile de baleine gelée. — Les marins de l'expédition ne parvinrent à supporter sans peine le froid excessif auquel ils étaient exposés, qu'à la faveur d'un régime analogue ; ils finirent par s'y accoutumer et même par le trouver de leur goût (1).

De pareilles remarques ont été faites par d'autres observateurs, et notamment par le capitaine Ross (2), qui avait reconnu par expérience la nécessité d'augmenter beaucoup les rations de vivres des marins appelés à naviguer dans les régions polaires. — Mais c'est aux chimistes et aux physiciens de nos jours que revient l'honneur d'avoir complété sous ce rapport l'œuvre de Lavoisier, en montrant

(*) Voir ci-dessus, p. 526.

(**) Les fruits à l'état de maturité ne renferment guère plus de 12 pour 100 de carbone, tandis que l'huile de poisson si avidement recherchée par l'habitant des régions polaires en contient de 66 à 80 pour 100.

(1) *Americ. Journ. of Medicine.* July 1859.

(2) *Narrative of a second Voyage*, etc., édit. de Paris, p. 135.

que la nature des aliments dont l'homme et les animaux se nourrissent dans les saisons et les climats les plus opposés est parfaitement appropriée aux exigences de la double combustion respiratoire.

G. — Les muscles, dans l'état de vie, absorbent de l'oxygène et dégagent de l'acide carbonique et de l'azote ; en d'autres termes, ils présentent les phénomènes chimiques de la respiration : ces effets, encore appréciables avec des muscles de grenouille récemment préparés et à l'état de repos, sont plus que doublés sous l'influence de la contraction artificiellement provoquée ; en même temps, il y a production de chaleur et d'électricité. Matteucci (1), qui a fait, sur ce sujet, de nombreuses expériences, a vu la température s'élever d'un *demi*-degré par suite des contractions qu'il excitait.

Becquerel et Breschet (2) ont constaté directement que l'exercice musculaire s'accompagne de production de chaleur. Une aiguille thermo-électrique, implantée dans le biceps d'un homme qui se servit du bras correspondant pour scier du bois pendant cinq minutes, accusa une augmentation de température de 1° comparativement à l'autre aiguille placée dans un appareil à température fixe.

Mais, indépendamment des phénomènes physico-chimiques qui se passent dans la fibre musculaire elle-même, et qui donnent lieu à la production d'une certaine quantité de chaleur, l'activité que la contraction musculaire détermine dans la circulation tant locale que générale et dans les mouvements respiratoires devient une nouvelle source de chaleur.

Toutefois John Davy (3) paraît disposé à n'attribuer à l'exercice qu'une influence de répartition plus égale de la chaleur dans les différents points de l'économie. Les expériences, qu'il a faites à ce point de vue l'ont conduit à formuler la proposition suivante : « L'exercice modéré provoque une diffusion de chaleur et un accroissement considérable aux extrémités ; il n'augmente que très peu, si toutefois il l'augmente, la température des parties du corps situées à une certaine profondeur. » Nous citerons, comme exemple à l'appui de cette proposition, une des expériences, dans laquelle le thermomètre placé, au moment du départ, entre les orteils, ne marquait que 18°,9 : après la marche, il a donné 35°,8 ; au contraire, immergé dans l'urine recueillie aux deux époques, il n'a pas changé d'indication et est resté à 38°.

Dans des recherches récentes, J. Béclard (4) a constaté que, chez l'homme, la quantité de chaleur développée par la contraction musculaire est moindre quand cette contraction est employée à produire un travail mécanique utile, que quand elle reste à l'état *statique*, c'est-à-dire, sans application à un effet mécanique.

Il admet que « la quantité de chaleur qui disparaît du muscle, quand il produit un travail mécanique extérieur, correspond à l'effet mécanique produit. »

En conséquence, « l'action musculaire non utilisée sous forme de travail mécanique extérieur est la seule qui paraisse sous forme de chaleur : en d'autres termes, la chaleur musculaire est *complémentaire* du travail mécanique utile produit par la contraction. »

(1) *Recherches sur les phénomènes physiques et chimiques de la contraction musculaire* (*Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences*, 1856, t. XLII, p. 648).

(2) *Mémoire sur la chaleur animale* (*Ann. de chim. et de phys.*, 1835, t. LIX, p. 113).

(3) *Annales de chimie et de physique*, 3e série, 1845, t. XIII, p. 187.

(4) *De la contraction musculaire dans ses rapports avec la température animale* (*Archives générales de médecine*, nos de janvier et suiv., 1861).

L'action chimique dont le muscle est le siége se trouve donc représentée par la chaleur musculaire et par le travail mécanique extérieur, qui, l'un et l'autre, sont les produits de la contraction musculaire (*).

Cette manière d'envisager les résultats mécaniques et calorifiques de la contraction musculaire ne peut manquer d'être prise en grande considération dans les calculs relatifs à la production de la chaleur animale.

L'élévation de température qui accompagne l'activité musculaire se manifeste dans toutes les espèces animales : Newport (1) et Dutrochet (2) ont démontré que les insectes produisent plus de chaleur quand ils sont en mouvement que lorsqu'ils demeurent en repos. — Nous devons néanmoins faire observer que, dans les expériences pratiquées sur les animaux de même espèce, les différences notées par Newport, dans les deux états de repos et de mouvement, sont beaucoup plus considérables que celles auxquelles est arrivé Dutrochet, circonstance que nous avons déjà eu occasion de signaler (p. 1097).

Huber (3) a constaté que, pendant le tumulte qui accompagne le *jet* (**) d'un essaim, le thermomètre monte à + 40°, de 33°,75 à 36°,25 qu'il marque ordinairement dans une ruche bien peuplée, par un beau jour de printemps.

L'élévation de température résultant de la locomotion est en rapport avec l'étendue, l'énergie et la durée des actes dont elle est la conséquence : plus les muscles qui se contractent sont nombreux, les efforts énergiques et prolongés, plus aussi la chaleur produite est grande et mieux elle est répartie. Toutefois cette chaleur ne dépasse guère les limites physiologiques, parce qu'un des effets de la locomotion est d'activer la transpiration cutanée, dont le produit, en s'évaporant, devient un puissant moyen de réfrigération.

Tout ce que nous venons de dire sur les *muscles* et la *locomotion* est applicable aux autres appareils organiques. L'entrée en activité d'un organe, quel qu'il soit, a pour conséquences immédiates d'y accélérer le cours du sang, d'accroître l'intensité du travail de composition et de décomposition dont cet organe est incessamment le siége, et, par suite, de donner lieu à une production plus considérable de chaleur tant locale que générale.

Ici encore cette chaleur doit être proportionnelle, dans certaines limites, à l'énergie et à la durée des actes, comme aussi au nombre et à la multiplicité des organes appelés à les produire.

Comparez deux orateurs, dont l'un donne lecture, même avec animation, d'un discours composé à l'avance dans le silence du cabinet, tandis que l'autre, plein de son sujet, s'abandonne avec fougue aux hasards de l'improvisation, et tient son auditoire sous le charme par son éloquence passionnée et sa mimique non moins expressive que ses paroles. — Qui ne voit que ce dernier est en proie à une surexcitation générale, à laquelle le premier reste à peu près étranger? Chez

(*) Depuis quelques années, les physiciens ont porté leur attention sur la transformation de la chaleur en mouvement et du mouvement en chaleur : l'*équivalent mécanique* de la chaleur paraît être fixé aujourd'hui d'une manière assez précise pour satisfaire aux exigences de la science.

(1) *Philos. Transact.*, 1837, part. II, p. 259.
(2) *Ann. des sciences naturelles* (Zoologie), 3e série, t. XIII, p. 5.
(3) *Nouvelles observations sur les abeilles*, t. I, p. 305, 2e édition.

(**) En apiculture, on appelle *jet* le nouvel essaim qui sort de la ruche.

celui-ci, l'émotion est presque nulle aussi bien que le travail intellectuel ; la voix et le geste sont modérés ; la respiration demeure calme et le cœur ne précipite pas ses battements. Chez l'autre, au contraire, tout trahit l'énergie des sentiments qui l'entraînent et qu'il cherche à communiquer à ceux qui l'écoutent. Les efforts auxquels il se livre dans ce but n'auront-ils pas pour conséquences immédiates une excitation plus grande des organes, et, par suite, une production plus considérable de chaleur?

Le *travail de l'esprit*, indépendamment de toute autre action, suffit, comme le fait observer J. Davy (1), pour augmenter la chaleur animale. Limitée d'abord à la tête, cette augmentation peut se généraliser sous l'influence de méditations prolongées et profondes. Mais on peut aussi observer parfois un contraste frappant entre la température de la tête et celle des extrémités inférieures, qui semblent d'autant plus froides que la première est plus ardente. Dans ces conditions, malgré la cessation de tout travail, elles ne se réchauffent qu'après de longues heures d'agitation et d'insomnie.

Les *passions*, les *émotions morales* élèvent ou abaissent la température du corps, suivant qu'elles exercent sur le cours du sang et les mouvements respiratoires une action stimulante ou dépressive. « La chaleur, dit Burdach (2), augmente par l'effet de l'espérance, de la joie, de la colère et de toutes les passions excitantes. Au contraire, la crainte, la frayeur, le chagrin, la diminuent. Martin a vu la température monter de 35°,5 à 37°,5 dans un violent accès de colère, et descendre à 33°,75 sous l'empire de la frayeur, mais se relever bientôt jusqu'à 36°,25. »

II. — On a vu plus haut (*) qu'à l'époque de la *floraison*, les différentes parties de la fleur s'échauffent : cet échauffement accidentel, beaucoup plus considérable au niveau des organes sexuels, coïncide avec une absorption plus active d'oxygène et diminue graduellement après l'émission du pollen.

Des phénomènes analogues se présentent, chez les animaux, pendant l'exercice des *fonctions génitales*, et l'expression de *chaleur*, comme synonyme de l'état de *rut*, semble prouver que l'élévation de température dont sont alors le siége les organes auxquels ces fonctions sont dévolues, est manifeste pour tout le monde (3). — D'ailleurs, cette élévation de température trouverait, à défaut de toute autre cause plus spéciale, une explication satisfaisante dans la fluxion sanguine qui envahit alors ces organes.

A défaut d'observations directes, qui nous permettent d'évaluer la production de chaleur qu'entraîne, chez les animaux, l'exercice des fonctions génitales, nous pouvons déduire cette production de l'amaigrissement rapide qu'on remarque chez plusieurs d'entre eux à l'époque de l'accouplement. — En voici un exemple des plus curieux. Dans les districts de l'Amérique du Nord, les ours (*Ursus americanus*), engraissés par l'usage abondant des fruits alors en pleine maturité, s'accouplent au mois de septembre. Les femelles se réfugient dans leurs cavernes, où l'œil de lynx du chasseur indien parvient rarement à les découvrir. Mais les

(1) *Archives génér. de médecine*, 1846, Supplément.
(2) *Traité de physiologie*, traduit par Jourdan, t. IX, p. 646.
(*) Page 1100.
(3) BURDACH, *Traité de physiologie*, etc., t. II, p. 159.

mâles, épuisés et amaigris par la poursuite des femelles, ont besoin de dix à douze jours pour recouvrer à peu près leur embonpoint primitif. Si l'hiver est très précoce, ces animaux n'ont pas le temps d'acquérir de nouveau toute la graisse qui leur est indispensable pour passer cette saison ; ils se hâtent alors d'émigrer. C'est ainsi qu'on les voit pénétrer dans les États-Unis par le nord : ils sont alors très maigres, et ne sont accompagnés que par un fort petit nombre de femelles (1). — D'après ce que nous savons sur le rôle de la graisse accumulée ainsi périodiquement dans l'économie, aux approches des froids, nous pouvons conclure de la rapide disparition de ce produit, à l'époque du rut des animaux dont il est ici question, que cet acte entraîne un surcroît d'activité dans les combustions respiratoires, et, par suite, dans la production de chaleur qui en est la conséquence.

Quant au coït lui-même, il s'accompagne le plus souvent d'un trouble général, d'efforts et d'un état fluxionnaire local qui peuvent rendre raison, en majeure partie du moins, de l'augmentation de chaleur produite; et, par opposition, le collapsus qui succède à cet acte explique le refroidissement que l'on observe alors. Une évaluation thermométrique de ces diverses transitions a été recueillie dans un cas particulier, et communiquée à H. Roger, qui l'a consignée dans le travail que nous avons déjà cité (2).

L'élévation du chiffre de l'*acide carbonique* exhalé par la femme en état de *grossesse* (3) autorise à conclure que la femme produit alors plus de chaleur; mais il n'existe, à notre connaissance, aucune expérience thermométrique qui mette ce fait en évidence.

Ev. Home (4) rapporte, d'après Granville, les évaluations numériques suivantes de la température de l'utérus durant la parturition : 42°,22 pendant l'accouchement normal; 40°,56 après la délivrance; 37°,75 dans un accouchement à sept mois; 35°,25 dans un accouchement par le forceps; 48°,85 pendant les fortes douleurs; 43°, 25 après la sortie de l'enfant : et enfin 46° à la suite d'un accouchement laborieux. — Plusieurs de ces évaluations sont sans doute exagérées, notamment celles qui dépassent 43°,20, maximum observé jusqu'ici dans l'état pathologique.

Chez les oiseaux, à la suite de la ponte, les vaisseaux de la peau du ventre se congestionnent, et il en résulte un accroissement de chaleur (5).—Valenciennes (6) a vu un thermomètre, placé au milieu des œufs sous une poule couveuse, osciller entre 42° et 56°. — L'élévation de ce dernier chiffre ne peut s'expliquer que par l'accumulation de la chaleur produite dans les œufs et dans l'air ambiant, en conséquence de l'imparfaite conductibilité de ce milieu.

Les variations de chaleur qui accompagnent l'incubation, chez la femelle du serpent Python (*P. bivittatus*), ont été aussi de la part de Valenciennes (7) l'objet d'une étude suivie. — L'animal restait habituellement caché sous des couvertures de laine, dans une caisse de bois munie d'un double fond, qui recevait chaque

(1) RICHARDSON, *Fauna Boreali-Americana*, etc. London, 1829, in-4, p. 16.
(2) *Arch. génér. de médecine*, 4e série, t. V, p. 296.
(3) GAVARRET, *De la chaleur produite par les êtres vivants*, p. 354.
(4) *On the Influence of Nerves and Ganglions in producing Animal Heat*, in *Philosoph. Transact.*, 1825, p. 257.
(5) BURDACH, *Traité de physiologie*, t. II, p. 436.
(6) *Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, t. XIII, p. 127.
(7) *Loc. cit.*

matin une certaine quantité d'eau chauffée à 60° ou 70°; par ce moyen, l'air de la caisse offrait une température qui oscillait entre 20° et 25°. — Le 6 mai, la ponte eut lieu : elle se composait de quinze œufs. La mère les rassembla sous les couvertures en un tas, qu'elle entoura et couvrit de ses spires disposées en un cône dont sa tête formait le sommet. — Jusqu'au 13 mai, la température prise entre les spires et sur les œufs offrait sur l'air de la caisse un excès de 16° à 18°; à partir de ce jour jusqu'au 23, cet excès descendit à 14°,5, puis à 12°,1 ; du 24 mai au 9 juin, il demeura presque stationnaire entre 11° et 11°,7; du 9 au 28 juin, il oscilla de 10° à 13°,5, et le 1er juillet, il n'était plus que de 3°. Alors, sans doute, l'incubation était arrivée à son terme, car l'animal abandonna sa couvée le 4, et l'éclosion commençait. -- Il faut noter que, du 6 mai au 3 juillet, le reptile ne changea pas de position, qu'il ne prit aucune nourriture solide, et qu'il se borna à boire abondamment à cinq reprises différentes. Cette dernière circonstance semble prouver qu'alors il endurait à une sorte d'état fébrile.

Pour compléter ces curieuses observations, il nous manque un élément important, emprunté aux modifications que les phénomènes chimiques de la respiration présentent concurremment avec les variations de la température. — C'est un sujet qui mérite d'autant plus d'être suivi, qu'au point de vue de la quantité de chaleur produite, les reptiles, dans les conditions que nous venons d'étudier, semblent se rapprocher momentanément des mammifères et même des oiseaux.

I. — Durant le *sommeil*, l'organisme animal tombe dans le repos le plus complet. Nous avons déjà fait connaître l'influence que cet état exerce en particulier sur les phénomènes respiratoires (*) : une influence correspondante doit se produire et se produit en effet sur la chaleur animale.

Dans ses expériences, Chossat (1) a trouvé que la température normale des pigeons, qui, à midi, était de 42°,22, descendait à minuit à 41°,48. Cette différence de 0°,74 augmentait dans des proportions considérables sous l'influence de la privation d'aliments et de boisson. En divisant en trois périodes d'égale longueur le temps qui séparait le premier jour de l'inanition complète du dernier, Chossat a constaté que la différence entre les températures, à midi et à minuit, devenait successivement égale à 2°,3, 3°,2, 4°1. Il importe, d'ailleurs, de remarquer que c'est surtout la température prise pendant le sommeil qui subissait une forte dépression : dans les périodes indiquées plus haut, elle descendait du chiffre normal 41°,48 à 39°,8, puis à 38°,7, et enfin à 37°,3. Au contraire, la température à midi ne s'éloignait guère, pendant toute la durée de l'expérience (**), du chiffre de 42°,22 qu'elle offrait au début. Elle présentait, en effet, les valeurs suivantes : 42°,1, 41°,9, 41°,4. — En même temps, la respiration subissait des modifications du même ordre : le nombre des inspirations descendait en moyenne à 25 par minute durant la première période; à 23 durant la seconde, et à 21 durant la troisième. — Ce qui prouve, d'ailleurs, que la diminution de chaleur indiquée était bien réellement la conséquence du ralentissement des

(*) Voy. ci-dessus, p. 570.

(1) *Loc. cit.*

(**) Le jour de la mort des animaux soumis à l'inanition est laissé en dehors des calculs qui précèdent : ce jour-là, les accidents s'accéléraient trop rapidement pour pouvoir faire entrer les valeurs thermométriques correspondantes dans le calcul des moyennes des trois périodes précédemment admises.

phénomènes respiratoires pendant le sommeil, c'est qu'il suffisait de réveiller les animaux et de les maintenir dans l'état de veille, en les excitant sans cesse, pour les voir se réchauffer à mesure que leur respiration s'accélérait, et atteindre rapidement le chiffre de la température qu'ils offraient normalement à midi.

Ces résultats, obtenus avec des animaux appartenant à différentes classes, peuvent s'appliquer à l'homme : ils rendent raison de la plus grande impressionnabilité du corps pendant le sommeil, et des précautions que cet état réclame pour éviter l'action des influences morbides extérieures, qui sont d'autant plus à craindre qu'on leur oppose alors une moindre résistance.

Le *sommeil hibernal* est l'état physiologique le plus propre à mettre en évidence l'intime relation qui existe entre la température propre des animaux et les phénomènes physico-chimiques de la respiration.

Lorsque les mammifères hibernants (*marmotte*, *hérisson*, *lérot*, *chauve-souris*, etc.) sont complétement éveillés et convenablement nourris, ils ne présentent rien de particulier sous le rapport du nombre des mouvements respiratoires et du cours du sang, ni sous celui de la quantité d'oxygène qu'ils absorbent et d'acide carbonique qu'ils exhalent. Aussi leur température se maintient-elle à peu près au même chiffre que celle des autres animaux de la même classe et de l'homme lui-même (1).

Mais, à mesure que la température extérieure s'abaisse et qu'arrive l'arrière-saison, la respiration et la circulation deviennent languissantes ; l'absorption d'oxygène et l'exhalation d'acide carbonique diminuent, et la chaleur propre de l'animal subit une dépression correspondante.

Lorsque l'engourdissement est complet, la consommation d'oxygène est considérablement réduite. Regnault et Reiset (2) ont constaté, chez des *marmottes*, que cette consommation ne s'élève souvent qu'à 1/30e de ce qu'elle est pendant l'état de veille ; ils pensent même que ce chiffre peut aussi subir une réduction, quand la température à laquelle les animaux se trouvent exposés est beaucoup plus basse qu'elle ne l'était dans leurs expériences — Au contraire, pendant la période de leur réveil, la proportion d'oxygène consommé est beaucoup plus considérable que lorsque le réveil est complet ; l'élévation de la chaleur propre suit une marche non moins rapide et en rapport avec l'accélération des mouvements respiratoires et avec l'activité croissante de la circulation.

Il est important de noter, avec ces mêmes observateurs, que la proportion d'acide carbonique exhalé pendant le sommeil hibernal ne représente qu'une partie de l'oxygène absorbé, quelquefois les *quatre dixièmes* seulement : le reste de l'oxygène est employé à former de l'*eau* qui, s'accumulant en partie dans la vessie, augmente notablement le poids de l'animal. — C'est ici une nouvelle preuve de la combustion directe de l'hydrogène dans l'économie, et de la nécessité d'accorder, dans le calcul de la chaleur produite, une très grande valeur au chiffre de l'oxygène absorbé dans l'acte respiratoire.

La température des animaux plongés dans l'engourdissement hibernal est toujours de quelques degrés plus élevée que celle du milieu qui les environne. Les

(1) Saissy, *Recherches expérimentales, anatomiques, chimiques, etc., sur la physique des animaux mammifères hibernants, etc.*, in-8, Paris, 1808, p. 11.
(2) *Ann. de chim. et de phys.*, 3e série, t. XXVI, p. 515.

froids les plus rigoureux, naturels ou artificiels, ne la font pas baisser jusqu'à *zéro*, sans déterminer la mort (1).

D'après ce qui précède, on voit que les animaux dont nous parlons, bien qu'appartenant, pendant leur état de veille, à la classe des vertébrés à *température constante*, rentrent, sous l'influence de l'engourdissement hibernal, dans celle des vertébrés à *température variable*.

Le phénomène de l'*hibernation*, qui doit son nom à l'époque de l'année à laquelle il se manifeste dans nos climats, nous paraît beaucoup plus général qu'on ne le suppose.

Dans les régions tropicales, on observe un engourdissement tout à fait semblable chez des animaux de diverses classes. A Madagascar existe un mammifère carnassier, le *tanrec*, dont on connaît trois espèces qui passent trois mois de l'année en léthargie; Brugière assure même que c'est au moment des plus grandes chaleurs (2).

Comme, à cette même époque, l'extrême sécheresse a fait disparaître les insectes dont se nourrit cet animal, qui se rapproche beaucoup de notre hérisson, il est vraisemblable que le sommeil qui s'empare de lui est une conséquence de l'impossibilité dans laquelle il se trouve de pourvoir à sa subsistance, et qu'il y a subordination entre ce dernier phénomène et le premier.

Notons, d'ailleurs, que le froid n'est pas une condition essentielle à l'engourdissement des animaux hibernants de nos climats. La quarante-troisième expérience de Regnault et Reiset en est la preuve ; elle se fit le 17 juin, par une température de 20°, sur une marmotte éveillée depuis longtemps. Le premier jour, l'animal mangea la majeure partie de la nourriture placée à sa disposition ; il s'endormit le second jour, et ne se réveilla qu'au moment où on le sortit de l'appareil, après soixante-huit heures de séjour. La respiration, qui était très active, se ralentit considérablement au moment du sommeil, et la consommation d'oxygène tomba de 1$^{gr.}$,7 par heure à 0,8. — Il est regrettable que la température de cette marmotte n'ait pas été déterminée aux différentes phases de l'expérience; elle aurait sans doute présenté des oscillations qui auraient pu s'expliquer par le ralentissement de l'absorption d'oxygène et la perte en poids éprouvée par l'animal, perte due probablement à l'exhalation cutanée et qui s'éleva à près de 13 pour 100 du poids initial.

Quoi qu'il en soit, il semble rationnel d'admettre, comme se rattachant au phénomène de l'hibernation, l'état de léthargie dans lequel tombent les reptiles et plusieurs autres animaux des pays chauds pendant la saison sèche, et même dans nos climats, durant les grandes chaleurs de l'été, alors que la nourriture vient à leur manquer par la retraite ou la métamorphose des insectes dont ils font habituellement leur pâture.

Cette assimilation est d'autant plus vraisemblable, que déjà Regnault et Reiset (3) ont montré que les *chrysalides des vers à soie*, durant leur état de torpeur, offrent, au point de vue des combustions respiratoires, des conditions analogues à celles des animaux hibernants.

Enfin, n'est-on pas fondé à rapprocher de l'état hibernal les conditions dans les-

(1) SAISSY, *loc. cit.*, p. 14.

(2) CUVIER, *Règne animal distribué d'après son organisation* (Mammifères), p. 151, édition de Fortin et Masson.

(3) *Loc. cit.*, 87^{e} expérience, p. 488.

quelles se trouvent, pendant l'hiver, un grand nombre d'animaux de nos climats, qui, chaque année, aux approches de l'automne, se gorgent d'aliments, comme en prévision de la disette qui les menace dans un avenir prochain? Ils deviennent extrêmement gras, et sont alors en mesure de pouvoir passer la saison rigoureuse, blottis sous des abris et dans un état d'engourdissement assez voisin du sommeil des animaux hibernants, vivant aux dépens de la graisse accumulée dans leurs tissus, et réduisant le plus possible leur consommation d'oxygène. — Nous pouvons citer comme exemples la plupart des *plantigrades* des pays froids, et, en particulier, les *ours*, « qui se creusent des antres ou se construisent des cavernes où ils passent l'hiver, dans une somnolence plus ou moins profonde et sans prendre d'aliments (1). » Ne sommes-nous pas fondés, d'après ce qui précède, à admettre que, chez ces animaux, la production de chaleur subit alors une réduction proportionnelle à celle des phénomènes chimiques de la respiration, qui ne sauraient être bien actifs pendant l'état de somnolence et d'immobilité? Rappelons encore que Spallanzani (2) parle d'une espèce d'*hirondelles*, bien différentes de celles de nos climats, qui passeraient l'hiver sous l'eau et même sous la glace, où on les aurait trouvées par centaines, entrelacées et formant de véritables pelotons. — Dans cet état d'engourdissement et dans un pareil milieu, la température de ces oiseaux doit être peu différente de celles des animaux des classes inférieures.

Des expériences, entreprises en vue de la solution de ces divers problèmes, ne peuvent manquer de conduire à des résultats importants pour l'étude de la chaleur animale.

J. — L'influence des *conditions thermiques* et *hygrométriques* du milieu ambiant sur la chaleur propre du corps se montre dans un assez grand nombre de circonstances, dont les plus fréquentes sont le séjour plus ou moins prolongé dans des espaces clos, artificiellement échauffés, le passage dans un autre climat et le changement de saison.

Nous allons d'abord étudier les effets des températures peu éloignées de celle du corps : nous examinerons ensuite les effets des températures extrêmes ou excessives.

Dans une fabrique de coton de Deanstone, aux environs de Doune (Stirlingshire), John Davy (3) a fait les observations suivantes : Après six heures de travail, dans la chambre d'assemblage, où la température produite par un mélange d'air chaud et de vapeur s'élevait à 33°,3, un ouvrier âgé de cinquante-deux ans, jouissant d'une bonne santé, présentait 64 pulsations, et faisait monter à 38° le thermomètre placé sous la langue. — La température de la chambre adjacente n'était qu'à 22°,8, et celle d'une jeune femme, qui y travaillait, était à 37°,2. — Enfin, l'air de la grande pièce à tisser, où trois cents personnes étaient réunies, ne dépassait pas 15°,3, et la chaleur propre d'une autre jeune femme, mesurée sous la langue, ne montait qu'à 36°,4.

Ces expériences tendent déjà à prouver que, chez l'homme, la chaleur propre s'élève ou s'abaisse avec la température ambiante.

Le changement de climat amène des résultats semblables. — Eydoux et Sou-

(1) CUVIER, *loc. cit.* (Mammifères), p. 163.
(2) *Opuscules de physique animale, etc.*, t. I, p. 106.
(3) *Ann. de chimie et de physique*, 3e série, t. XIII, p. 182.

leyet (1) ont pris, à bord de la *Bonite*, des observations suivies, dont le nombre dépasse 4000, sur dix hommes de l'équipage, d'âge et de tempérament différents : ils étaient soumis au même régime et occupés aux mêmes travaux, huit sur le pont et deux dans la cale. Commencées en avril 1836, pendant le séjour du navire à Rio-Janeiro, ces observations eurent lieu tous les jours, à trois heures de l'après-midi, jusqu'à l'arrivée en France le 6 novembre 1837, et ne furent interrompues que dans la plupart des relâches et pendant les mauvais temps à la mer. Le résultat général fut que la température du corps s'élève ou s'abaisse en même temps que celle du milieu ambiant. — Quand le passage avait lieu de pays chauds dans des régions froides, le changement était d'abord assez lent ; au contraire, il était plus rapide lorsque des contrées froides on se dirigeait vers la zone torride. — Ce double mouvement était d'ailleurs plus ou moins marqué suivant les individus. — La température moyenne des hommes observée au cap Horn, par 59° lat. sud, l'air étant à 0°, a donné une différence approximative de 1°, avec la moyenne offerte par ces mêmes hommes dans le Gange, près de Calcutta, par une température extérieure de + 40°. Ainsi, une variation de 40° dans la température ambiante n'a déterminé dans celle des hommes qui s'y trouvaient soumis qu'une différence de 1°.

Ces observations s'accordent avec celles de John Davy (2) qui, dans un voyage d'Angleterre à Ceylan, a trouvé que la température de treize individus bien portants s'était élevée de près de 1° (0°,92), après qu'ils eurent été exposés pendant près d'un mois à la chaleur des tropiques ; un séjour de trois semaines dans des parages où le temps était humide et froid, et où le thermomètre ne marquait plus que + 15°,5, fit baisser en moyenne de 1°,20 la température des individus qui y étaient soumis.

Enfin, les expériences de Letellier (3), sur des oiseaux et de petits mammifères, l'ont conduit à des résultats concordant avec les observations que nous venons de citer, résultats qui se résument ainsi : abaissement de la chaleur propre sous l'influence du froid ; élévation sous celle d'une température chaude, c'est-à-dire supérieure à + 30°. — Dans ces expériences, l'absorption d'oxygène et l'exhalation d'acide carbonique suivaient une marche inverse de celle de la température de l'air au sein duquel l'animal était plongé : elles étaient d'autant moindres que cette température était plus élevée, et d'autant plus considérables que cette température était plus basse (*).

Ces modifications dans l'activité des combustions respiratoires, survenues sous l'influence des variations de la température ambiante, persistent après la cessation de la cause qui les a fait naître : c'est ce qui résulte de quelques expériences de W. Edwards (4). Ce physiologiste voulut comparer le temps que des oiseaux (*bruants* et *verdiers*) mettaient à consommer en hiver et en été un même volume d'air maintenu à la température de 20° ; il reconnut que la consommation est sensiblement plus rapide en hiver dans le rapport de 1°,3 à 1 environ.

(1) *Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences de Paris*, t. VI, p. 456. — Rapport de DE BLAINVILLE.

(2) *Ann. de chimie et de phys.*, 2e série, t. XXII, p. 434 et 435.

(3) *Ann. de chimie et de phys.*, 3e série, t. XIII, p. 188 et 190.

(*) Voir ci-dessus, p. 575.

(4) *Influence des agents physiques sur la vie*, p. 200.

Comme conséquence de cette activité plus grande des phénomènes chimiques de la respiration pendant l'hiver, on pourrait admettre *à priori* que, dans cette dernière saison, il se produit plus de chaleur, ou, ce qui revient au même, que le même animal résiste mieux au froid qu'il ne pourrait le faire en été. — Mais le fait a été démontré expérimentalement, et c'est encore à W. Edwards (1) que la science en est redevable. Il a renfermé des moineaux adultes dans une enceinte limitée, dont la température était maintenue à *zéro*, au moyen d'un bain de glace fondante; après une heure de séjour, ces oiseaux avaient perdu en moyenne :

0°,40 au mois de février (air extérieur à 12°).
1°,62 au mois d'août (id. à 20°).
3°,62 au mois de juillet (id. à 26°).

Malgré ces expériences, il ne faudrait pas se hâter de conclure que les habitants des pays septentrionaux supportent mieux les rigueurs du froid que ne le font ceux des contrées méridionales, car c'est précisément le contraire qui paraît avoir lieu. « Dans le Nord, dit Ch. Martins (2), on est frappé de voir les épaisses fourrures dont se couvrent les Russes, les Suédois, les Norvégiens, par des températures où, en France, on se contente d'un simple surtout. Je n'oublierai jamais la chaleur étouffante qui régnait dans les chambres des paysans finlandais, le long du fleuve Muonio, en septembre 1839 : elle s'élevait en général à 20° et 25° centigrades, et, non contents de cette température, ces paysans couchaient autour du poêle; quant à Auguste Bravais et à moi, nous préférions dormir dans la grange, où le thermomètre oscillait autour de zéro pendant la nuit. »

Plus loin, il ajoute : « Les Russes, les Suédois et les Polonais qui viennent passer l'hiver à Montpellier, se plaignent de grelotter dans les appartements, tandis qu'en plein air, et par un beau soleil, ils peuvent se croire au printemps et quelquefois même en été. »

D'autres faits mettent en évidence cette moindre impressionnabilité au froid des habitants de l'Europe méridionale et de l'Algérie. Dans la retraite de Moscou, en 1812, les régiments italiens résistèrent mieux que les allemands aux rigueurs du froid, qui exerçait en même temps les plus grands ravages dans l'armée russe. Les Turcos ont présenté la même immunité relative au siége de Sébastopol. Enfin, on sait que, dans nos possessions algériennes, les Arabes ont coutume de bivouaquer en plein air, simplement enveloppés dans leurs burnous.

Il est à remarquer que cette aptitude à supporter le froid extérieur peut s'acquérir et se perdre tour à tour. On sait que les habitants de nos climats tempérés, acclimatés dans les pays chauds par un séjour suffisamment prolongé, sont moins sensibles au froid pendant les premiers temps de leur retour, et qu'après quelques années cette insensibilité, qui va toujours en décroissant, finit par disparaître. Ch. Martins cite à ce sujet un savant distingué qui a éprouvé ces effets à son retour de la Martinique, où il avait pratiqué la médecine pendant vingt-cinq ans.

On observe un phénomène du même genre, après être resté quelque temps dans une chambre bien chauffée : l'air extérieur nous semble moins froid qu'à ceux qui y sont exposés depuis longtemps; comme aussi, et par opposition, nous éprouvons une sensation contraire dans la transition du froid au chaud.

Ces phénomènes qui dépendent des conditions physiologiques de sensibilité

(1) *Loc. cit.*, p. 163.
(2) *Du froid thermométrique, et de ses relations avec le froid physiologique, etc.* (*loc. cit.*).

n'ont sans doute que des relations fort éloignées avec les phénomènes physico-chimiques de la calorification.

Nous avons déjà vu (*) que la chaleur propre des êtres vivants se perd au fur et à mesure qu'elle se développe, et que cette perte a lieu par le *rayonnement*, par le *contact direct de l'air ambiant*, et enfin par l'*évaporation*, dont la peau et la membrane muqueuse des voies aériennes sont incessamment le siége.

Pour compléter ce qui nous reste à dire sur ce sujet, nous formerons de tous les faits qui s'y rattachent deux groupes distincts, dont l'un comprendra les moyens de *résister aux températures très basses*, et l'autre ceux de *supporter les températures très élevées*.

La *résistance aux températures très basses* n'est possible, pour l'homme, qu'à la condition de se couvrir de *vêtements* convenables, de se ménager des *abris*, de faire usage d'*aliments* appropriés à la circonstance, de se donner un *mouvement* suffisant, et, enfin, d'être doué d'une bonne constitution et d'une certaine énergie morale.

Les *vêtements* sont une nécessité de notre nature. « Ils ont, dit Ch. Martins (1), un triple effet physique : 1° ils emprisonnent la couche d'air échauffée par la surface cutanée ; 2° ils s'opposent à une évaporation trop active ; 3° ils ralentissent et atténuent l'influence de l'air ambiant et du rayonnement des objets environnants sur la peau. Conserver autour du corps cette couche d'air échauffée, sans empêcher l'eau évaporée par la transpiration de s'échapper au dehors, tel est le problème du vêtement. »

Nous n'avons point à nous occuper ici des diverses questions relatives au nombre, à la nature et à la forme de ces enveloppes artificielles ; nous n'ajouterons rien non plus à ce que nous avons dit plus haut (**), sur les changements que subissent, aux différentes époques de l'année, les enveloppes naturelles des animaux.

Mais nous croyons opportun, afin d'en faire ressortir l'utilité, de rappeler une expérience de Becquerel et Breschet (2), qui, après avoir complétement tondu un lapin, lui couvrirent la peau d'un enduit imperméable. La température de l'animal, prise sous l'aisselle au moment de l'opération, était de 38° ; une heure et demie après, elle était descendue à 20°, l'air ambiant en marquant 17° : une perte de chaleur aussi rapide et aussi considérable fut très promptement suivie de la mort de l'animal.

Tous les animaux cherchent à se soustraire aux atteintes d'un froid rigoureux, en se réfugiant sous des *abris*, ou se cachant dans des retraites que la nature leur offre ou qu'ils savent se construire.

L'importance de ces abris trouve son explication, d'une part dans la déperdition énorme de chaleur qui résulte du rayonnement du corps vers l'espace, et, de l'autre, dans le refroidissement excessif que déterminent les mouvements de l'air qui nous environne.

(*) Page 1089.

(1) *Du froid thermométrique, et de ses relations avec le froid physiologique, etc.* (*Mémoires de l'Académie des sciences de Montpellier*, 1859, t. IV).

(**) Voir page 1090.

(2) *Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences*, t. XIII, p. 794.

Aux faits que nous avons cités à l'appui de cette double influence (*), nous ajouterons ce qui suit :

Bravais et Martins (1), dans le rapport sur leur mission dans les Alpes, s'expriment en ces termes : « Déjà, en Laponie, nous avions vu des *lemmings* périr pendant la nuit, tués par un froid de quelques degrés au-dessous de zéro. Un *campagnol des neiges*, mis dans un vase profond et exposé au rayonnement nocturne pendant une nuit sereine, fut trouvé mort vers quatre heures du matin. Cependant le thermomètre ne s'était pas abaissé au-dessous de — 0°,3, et la température du fond du vase était, à minuit, de + 0°,1 (**). »

Voici un autre fait qui prouve que, dans nos climats, le refroidissement par rayonnement nocturne peut prendre très rapidement des proportions considérables et préjudiciables à la santé : « Durant l'hiver de 1829 à 1830, dit Fournet (2), j'habitais la vallée de la Sioule, en Auvergne. La température y fut si rude, que, revenant un soir des mines, j'eus le nez gelé superficiellement pour avoir regardé durant quelques instants le ciel, dont l'aspect bronzé me frappait vivement : c'était un simple effet de rayonnement vers l'espace, dont je ne fais mention que parce qu'il peut donner une idée du froid qui régnait dans ce bas-fond. »

Rien n'est plus propre à montrer combien les abris sont indispensables pour combattre la funeste influence d'un froid excessif, que les ressources offertes en ce genre au capitaine Ross et à ses compagnons, par des huttes de neige qu'ils se construisaient à l'exemple et avec l'assistance des Esquimaux (3). Ces huttes étaient faites avec des assises de neige gelée, coupées en morceaux carrés et cimentées avec de l'eau ; elles avaient la forme d'un dôme et une hauteur d'environ 1m,22. La pièce principale mesurait 3m,25 à 4m,90 de diamètre, suivant le nombre des habitants qu'elle devait recevoir ; tout autour était établi un banc de neige bien nivelée, de 0m,66 de hauteur, sur lequel on étendait des peaux et qui servait de lit. — Une vitre ovale de glace, enchâssée dans la neige du côté de l'est, laissait pénétrer un peu de lumière du dehors. — Une lampe, alimentée avec de l'huile de poisson et de la mousse, concourait aussi à éclairer et à réchauffer les hôtes de cette demeure, en même temps qu'elle servait à cuire leurs aliments. — Un passage long et tortueux précédait l'entrée de la hutte. — Enfin, un embranchement et un réduit à part étaient réservés pour les chiens qui, dans ces climats désolés, permettent à l'homme de se transporter rapidement d'un lieu à un autre, en lui fournissant l'attelage de ses traîneaux. — Dans ces murs de neige, les Anglais se trouvaient *chaudement* et à l'aise. Ils y dormaient par une température de — 26°,11, tandis qu'à l'extérieur le thermomètre accusait — 34°,44.

Nous n'ajouterons rien aux considérations sur lesquelles nous nous sommes

(*) Voir pages 1090 et 1091.

(1) *Moniteur universel*, numéro du 27 octobre 1841.

(**) Le campagnol des neiges ne se trouve jamais au-dessous de 2200 mètres ; or, l'expérience dont il vient d'être fait mention a été exécutée au sommet du Faulhorn, à une hauteur de 2675 mètres, c'est-à-dire, dans la limite des régions qu'habite ordinairement cet animal : on ne serait donc pas fondé à chercher la cause de sa mort ailleurs que dans le refroidissement par rayonnement nocturne, résultant du défaut d'abri.

(2) *Sur l'interversion de la température atmosphérique dans les hivers rigoureux*, par Fournet, professeur à la Faculté des sciences de Lyon (*Annales de chimie et de physique*, 1839, t. LXXII, p. 312).

(3) Ross, *Narrative of a Second Voyage*, etc., p. 165.

appuyé précédemment (*), pour montrer que le *régime alimentaire* doit être approprié aux saisons et aux climats, au double point de vue de la nature et de la quantité des substances qui le constituent. C'est sans contredit, dans ce régime, que l'homme, par sa nature cosmopolite, peut trouver les moyens de résister efficacement aux froids les plus rigoureux des hautes montagnes et des régions polaires.

Toutefois une alimentation convenable, des vêtements suffisants et une retraite assurée contre les intempéries, seraient impuissants à protéger l'homme contre les effets d'un froid excessif, s'il n'y joignait pas une certaine *activité corporelle*. — « Rien, dit Spallanzani (1), ne prouve mieux l'efficacité du mouvement contre le froid, que le récit de quelques Hollandais qui passèrent l'hiver au Spitzberg, situé au 78e de latitude, et où l'on éprouve un froid plus cuisant qu'en aucun autre lieu connu. Ceux qui s'enfermèrent au commencement de l'hiver dans les cabanes de bois qu'ils avaient faites pour se garantir du froid, moururent de froid l'un après l'autre auprès du feu qu'ils faisaient pour se réchauffer; au lieu que ceux qui vivaient à l'air libre, qui s'occupaient à la chasse et au charriage du bois ou à d'autres exercices, conservèrent leur santé et leur vigueur. »

Ch. Martins (2) a décrit de la manière la plus émouvante la triste situation d'un pauvre voyageur parti avec le dessein de traverser un des cols couverts de neiges éternelles, qui conduisent du Valais en Piémont, et surpris par une tempête de neige sous laquelle disparaissent les traces qui devaient le guider dans sa route. « ... Transi, égaré, harassé, ne voyant pas à deux pas devant lui, il est pris d'un besoin de dormir irrésistible; il sait que ce sommeil c'est la mort. Mais, perdu, désespéré, il cherche en tâtonnant quelque rocher, et, s'abandonnant pour ainsi dire lui-même, il se couche pour ne plus se relever. Son pouls se ralentit peu à peu, comme dans la léthargie, et il meurt de froid comme on meurt d'inanition. L'énergie morale est dans ces moments l'unique moyen de salut. Il faut à tout prix combattre le sommeil, marcher, trépigner et lutter contre le froid par l'exercice musculaire. Jacques Balmat, qui le premier, en 1786, fit l'ascension du Mont-Blanc, le savait bien. Il était parvenu seul au grand plateau, à 3930 mètres. Là il fut surpris par la nuit; monter au sommet dans l'obscurité était impossible, redescendre l'était également. Il prit vaillamment son parti, et se promena de long en large sur la neige, jusqu'à ce que l'aube eût paru. »

Une *bonne constitution* et une certaine *énergie morale* sont aussi de puissants auxiliaires contre un froid rigoureux. Le capitaine Ross (3) a traité avec soin cette question importante. A quoi bon, dit-il, donner des vêtements à celui qui, par lui-même, est incapable de produire de la chaleur. Ce serait prétendre échauffer un morceau de glace en l'enveloppant d'une couverture. — Sans s'arrêter à expliquer le fait, il regarde comme certain que les hommes doués d'un grand appétit et digérant bien sont plus aptes que les autres à produire de la chaleur : le tempérament sanguin est aussi une condition favorable, surtout quand il s'accompagne d'un caractère énergique, qui conserve sa confiance et son espoir au milieu des

(*) Voir plus haut, p. 1112.

(1) *Opuscules de physique animale et végétale*, t. I, p. 94.

(2) *Loc. cit.*

(3) *Loc. cit.*, p. 136 et p. 134.

circonstances les plus critiques. — Ce célèbre navigateur des mers polaires avait déduit de ses observations un mode d'épreuve auquel il soumettait, avant de partir, les matelots qu'il se proposait d'engager. Il leur faisait poser un pied nu sur la glace : ceux qui ne tremblaient ni ne pâlissaient, étaient choisis par lui, les autres refusés (1).

Lorsqu'il y a insuffisance dans les moyens de *résistance au froid*, il arrive un moment où la perte de chaleur atteint sa limite extrême, au delà de laquelle la vie se trouve menacée.

Currie (2) fit descendre un homme dans un bain d'eau salée, qui marquait 4°,44 au-dessus de zéro. La température de cet homme était de 34°,44 : au moment de l'immersion, elle descendit à 28°,33 ; en treize minutes, elle remonta irrégulièrement à 33°,33, et demeura stationnaire, à quelques variations près, pendant dix-neuf minutes. Alors elle recommença à descendre irrégulièrement, mais rapidement : en trois minutes, elle était à 29°,44. Après un séjour de trente-cinq minutes dans l'eau, on jugea prudent d'en faire sortir le patient, qui était en proie à un violent frisson. Il fallut, pour le rétablir, le plonger dans un bain à 35°,56, que l'on réchauffa graduellement jusqu'à 42°,78 ; en vingt minutes, il avait recouvré sa chaleur première. Le séjour dans un lit bien chaud donna lieu à une transpiration abondante, qui marqua le retour à la santé.

Cette expérience de Currie fait partie d'un travail entrepris par ce médecin, dans le but de trouver l'explication des effets observés pendant un naufrage sur les hommes qui composaient l'équipage. Il ne mourut aucun de ceux qui restèrent plongés dans l'eau, dont la température était de + 3°,33 à + 4°,44, celle de l'air étant de — 1°,11 à + 0°,56 (*). Tous ces hommes, bien qu'immergés, furent tourmentés par la soif, et malgré le froid qu'ils ressentaient, ils n'éprouvèrent pas de tendance à l'assoupissement et ne se laissèrent pas aller au sommeil précurseur de la mort : ils cherchèrent, au contraire, à combattre, par des mouvements incessants, l'engourdissement qui envahissait leurs extrémités inférieures. Au contraire, le maître du navire, le capitaine et le cuisinier, placés de manière à être tour à tour immergés ou à découvert, exposés à la pluie et au vent, ne tardèrent pas, sous l'influence du froid dû à l'évaporation de l'eau qui imprégnait leurs vêtements, à s'affaiblir, à être pris de troubles intellectuels et de mouvements convulsifs ; leur voix s'éteignit peu à peu, et ils tombèrent dans un état comateux promptement mortel. — Ces malheureux sont évidemment morts de froid.

On peut donc admettre, d'après le fait emprunté au travail de Currie, que le terme de 29° est déjà menaçant pour la santé, et qu'au-dessous, à 25°, par exemple, la mort serait inévitable, si l'on n'était pas soustrait promptement à l'influence réfrigérante, et réchauffé par des moyens énergiques et soutenus.

Dans ses expériences sur l'inanition, Chossat (3) a reconnu que la température

(1) CH. MARTINS, *Du froid thermométrique, et de ses relations avec le froid physiologique, etc.*

(2) CURRIE, *An Account of the remarkable Effect of a Shipwreck on the Mariner*, etc. (*Philosoph. Transact.*, 1792, t. I, p. 213).

(*) L'auteur anglais emploie les indications du thermomètre Fahrenheit, qui sont 75 à 77 pour la température de l'eau, et 30 à 33 pour celle de l'air. — La précision des indications du thermomètre centigrade pourrait paraître suspecte dans la position critique où se trouvaient les naufragés.

(3) *Mém. des savants étrangers*, 1843, t. VIII, p. 576.

des animaux privés d'aliments était au moment de la mort à 24°,9 en moyenne ; le minimum fut observé chez un pigeon : il était de 18°,5. — Notons que, d'après le même auteur, dans les cas de section de la moelle épinière à différentes hauteurs, de lésions du cerveau, d'immersion dans un mélange réfrigérant, etc., la mort arrivait quand la température était descendue en moyenne à 24°,5 ; on peut fixer comme dernière limite 19°,8.

D'après W. Edwards (1), la mort est imminente, pour les mammifères, quand ils sont soumis à une soustraction de chaleur qui dépasse 15° à 20° : pour les jeunes animaux, une perte de 2° à 3° suffit pour les placer dans un état de souffrance visible. — Une expérience, que nous avons empruntée à Becquerel et Breschet (*), confirme la proposition émise par W. Edwards : la température de l'animal qui en fait le sujet baissa en une heure et demie de 38° à 20° : cette perte de 18° entraîna rapidement la mort.

Pour les Reptiles, les Poissons et les Invertébrés, la limite de refroidissement peut être portée très loin, sans que leur vie se trouve compromise. —Gaimard (2), pendant son séjour en Islande, dans l'hiver de 1828-1829, renferma dans une boîte pleine de terre, qu'il exposa à l'air extérieur, des *crapauds communs*, et des *crapauds des joncs* (*Rana bufo calamita*). Sous l'influence du froid qui régnait alors, la congélation des animaux fut complète : les fonctions restèrent suspendues; les espaces intermusculaires se remplirent de glaçons; les membres devinrent roides et cassants, et, en les brisant, on n'en faisait pas sortir une goutte de sang. Quelques minutes d'immersion dans de l'eau légèrement chauffée, suffisaient pour rappeler les animaux à la vie. — D'ailleurs, l'auteur fait observer que, pour réussir dans cette expérience, il importe que la congélation ne soit pas trop rapide.

Aug. Duméril (3) a fait des expériences semblables et est arrivé à des résultats analogues. Il a, de plus, consigné, dans son travail, des observations faites par son père, sur des *tritons* et des *grenouilles*, observations desquelles il résulte que ces animaux congelés par le froid se rétablissent parfaitement en se dégelant à l'air, tandis qu'ils meurent, quand on emploie, dans ce but, de l'eau, fût-elle à la température ordinaire. Ce dernier fait ne s'accorde pas avec les expériences de Gaimard.

Les insectes supportent quelquefois des froids très intenses, et l'on sait, par exemple, qu'après les hivers les plus rudes, il s'en trouve encore un grand nombre qui ont dû subir des températures inférieures à — 20°.

Mais les œufs des animaux inférieurs résistent encore mieux à l'action du froid que ne le font ces animaux eux-mêmes.

Bonnafous (4) a exposé, pendant le rigoureux hiver de 1829-1830, des œufs de vers à soie, à des températures de — 22°,50 et — 25°, sans que l'éclosion de ces œufs en ait éprouvé aucun retard. Bien plus, en 1837, il renferma 30 grammes de ces œufs de *race piémontaise* dans un bocal fermé d'une toile à jour, il exposa ce bocal sur la face extérieure d'un édifice situé sur le plateau du mont Cenis, à

(1) *Loc. cit.*

(*) Voir ci-dessus, p. 1123.

(2) *Biblioth. univ. de Genève*, 1840, t. XXVI, p. 207.

(3) *Annales des sciences naturelles* (Zoologie), 2e série, t. XVII, p. 13.

(4) *Biblioth. univ. de Genève*, 1838, t. XVII, p. 200.

2066 mètres d'altitude. Ces œufs y subirent l'action prolongée d'un froid d'au moins — 25° : on ne les retira qu'au mois d'avril 1838, et néanmoins l'éclosion en fut aussi complète que celle d'œufs de même race maintenus pendant l'hiver à des températures supérieures à zéro.

Il est vraisemblable que ces œufs étaient restés fluides, malgré le froid intense et soutenu auxquels ils avaient été soumis. C'est, du moins, ce qui avait lieu avec ceux que Spallanzani (1) soumettait à l'action de mélanges réfrigérants capables de produire parfois un abaissement de température égal à — 30°. Ces œufs provenant de divers insectes, et notamment du *bombyx* et du *papillon de l'orme*, n'étaient pas congelés par ce froid excessif, et leur éclosion n'en éprouvait aucun retard.

Quand le refroidissement auquel sont exposés les animaux supérieurs (*mammifères* et *oiseaux*) n'est que partiel au lieu d'être général, la limite peut en être portée extrêmement loin sans que la vie se trouve compromise.

J. Hunter (2) a soumis à la congélation des oreilles de lapins, des crêtes et des barbes de coqs, en les comprimant entre des plaques de fer préalablement refroidies par une immersion prolongée dans un mélange de glace et de sel marquant — 18° : après une heure de séjour entre ces plaques, ces organes étaient roides, crépitants et ne saignaient pas quand on les divisait avec des ciseaux. L'application du froid fut prolongée, dans une autre expérience, jusqu'à ce que l'organe gelé eût acquis la dureté d'une planche ; il dégela néanmoins, se réchauffa, s'épaissit, s'enflamma et finit par revenir à l'état normal. — Mais il importe de faire observer que ce retour à l'état normal n'est possible qu'autant que la chaleur pénètre avec une extrême lenteur dans la partie gelée. S'il en était autrement, cette partie ne tarderait pas à être frappée de gangrène.

Dès que le refroidissement des organes a atteint la limite à laquelle se solidifient leurs éléments liquides, cette solidification s'effectue d'une manière instantanée ; c'est, du moins, ce que l'on est en droit de supposer d'après le changement subit de couleur qui se montre dans les parties gelées. « Après quelque séjour dans une température qui ne peut nuire, dit le capitaine Ross, il suffit de tourner un angle pour être exposé à quelque courant d'air, dont l'effet est aussi soudain qu'inévitable ; la partie frappée de congélation change immédiatement de couleur. Celui qui éprouve cet accident est le seul qui ne s'en aperçoive pas. » — Ce célèbre navigateur faillit lui-même en être victime dans une excursion qu'il faisait en compagnie de plusieurs Esquimaux. Un coup de vent très fort sorti d'une vallée lui gela une joue ; un de ses compagnons de voyage s'en aperçut et s'empressa de faire une boule de neige dont il frotta la partie malade. Après quoi il continua à cheminer auprès du capitaine, lui recommandant fréquemment de tenir sa main appliquée sur sa joue, de peur d'une récidive (3).

La *chaleur excessive* n'est pas moins à redouter que le froid extrême pour les êtres organisés et vivants, et en particulier pour les animaux.

Le moyen le plus puissant qu'ils aient pour la plupart de résister à son influence, consiste dans l'évaporation d'une partie de l'eau qui entre dans la composition de leurs humeurs.

(1) *Ouvr. cit.*, p. 84-86.
(2) *Traité de l'inflammation* (*Œuvres complètes*, trad. de Richelot).
(3) *Ouvr. cit.*, p. 168.

On a vu déjà (*) que, chez l'homme, l'effet réfrigérant produit par la double perspiration pulmonaire et cutanée s'élève, en vingt-quatre heures, à 860 calories, c'est-à-dire au *tiers* environ de la chaleur résultant de la double combustion opérée dans l'acte respiratoire, durant le même laps de temps.

Certains animaux sont pourvus de réservoirs particuliers dans lesquels s'accumulent des liquides destinés à l'usage dont il s'agit.

Les *grenouilles*, par exemple, offrent dans la partie inférieure de l'abdomen, au-dessous des viscères, une poche ordinairement bilobée, indépendante de la vessie urinaire, avec laquelle on l'a confondue à tort, et qui contient une humeur aussi pure que l'eau distillée. Cette humeur est le résultat de l'absorption de l'eau extérieure, absorption qui s'effectue rapidement par les différents points de la peau, et notamment par la partie inférieure du ventre. Elle fournit aux besoins de la transpiration, laquelle est d'autant plus rapide, que la nécessité de combattre la température extérieure est plus pressante (1).

Une petite grenouille fut renfermée pendant cinquante-cinq minutes dans une étuve dont la température oscilla entre 56° et 60° ; après s'être beaucoup agitée, elle devint presque immobile, son corps se raccourcit, ses mouvements respiratoires se ralentirent, puis s'arrêtèrent tout à fait : l'animal était en état de mort apparente quand on le retira de l'étuve pour le remettre dans l'eau, où il se rétablit complétement en deux heures. Pendant son séjour dans l'étuve, cette grenouille avait perdu plus de 27 *pour cent* de son poids initial (2). — Dans une autre expérience, la température de l'étuve ne fut pas inférieure à 56°,25 et s'éleva jusqu'à 65°. Une grenouille y séjourna pendant deux heures, et n'en parut pas fort affectée. Un thermomètre plongé dans l'œsophage, au moment de sa sortie, indiqua 73°,75 (3). Quatre autres animaux, un *chat*, un *lapin*, un *pigeon* et un *bruant*, furent introduits en même temps que la grenouille, mais ils succombèrent. Le bruant mourut après vingt-quatre minutes, le pigeon après quatre-vingts. — Or, on sait que chez les *oiseaux*, la perspiration est très peu active ; condition qui les prive d'un puissant moyen de réfrigération. — Le chat et le lapin résistèrent pendant quatre heures ; mais, dès la première demi-heure, une sueur abondante trempait leur poil.

Dans cette expérience, la résistance à l'excessive chaleur a été en quelque sorte proportionnelle à l'évaporation dont la peau du reptile et des deux mammifères était le siége. Pour les deux oiseaux, cette résistance a été en raison inverse de leur volume respectif.

La grenouille de la première expérience pesait $3^{gr},50$ à son entrée dans l'étuve et $2^{gr},55$ à sa sortie ; elle avait donc perdu $0^{gr},95$ pendant son séjour, qui avait duré environ une heure. Si nous admettons, ce qui est assez vraisemblable, qu'à ce moment sa température s'éloignait peu de celle que l'on a trouvée chez la grenouille de la seconde expérience, c'est-à-dire de 33°,75, nous trouvons, en faisant le calcul, que pour passer à l'état de vapeur, l'eau perdue par l'animal a exigé $0^{calor},535$, c'est-à-dire une quantité de chaleur un peu supérieure à celle qui serait capable de porter à 200° $2^{gr},705$ d'eau, poids notablement supé-

(*) Page 1091.

(1) DUMÉRIL et BIBRON, *Erpétologie générale*, t. I, p. 191.

(2) DELAROCHE, *Expériences sur les effets qu'une forte chaleur produit dans l'économie animale*, thèse de Paris, 1806, p. 19.

(3) DELAROCHE, *mém. cit.*, p. 17.

rieur à celui de l'animal ($2^{gr},55$) au moment où on l'a extrait de l'appareil (*).

Un *ânon* fut le sujet d'une autre expérience, dont voici les résultats (1). L'animal pesait à son entrée dans l'étuve 18795 grammes, et sa chaleur propre était de 37°,41 : au moment de sa sortie, sa température avait atteint le chiffre de 43°,44 et son poids était descendu à 18156 grammes ; il avait donc gagné 6°,03 de chaleur propre et perdu 639 grammes d'eau. Or, cette quantité de liquide exige, pour être réduite en vapeur à 40°,42 (**), $368^{cal.},35$, c'est-à-dire, ce qu'il en faudrait pour élever de 20° un poids d'eau un peu supérieur à celui de l'animal en expérience (***).

Si l'on veut comparer ces résultats avec ceux de l'expérience précédente, il convient de tenir compte de l'inégalité du poids des animaux et de celle de la durée de leur séjour dans l'étuve.

En ramenant ces deux éléments du calcul à *l'unité* (à *un kilogramme* en poids et à *une heure* d'exposition à la chaleur), on trouve que la perte proportionnelle ne s'est élevée, pour l'*ânon* qu'à $12^{gr},42$, tandis qu'elle a atteint, chez la *grenouille*, le chiffre de 407 grammes. — Il ne fallait rien moins qu'une transpiration aussi abondante et une évaporation aussi rapide pour soustraire ce dernier animal à l'influence promptement mortelle de la température élevée qui l'environnait.

Chez les animaux de même ordre, le volume exerce une influence notable sur le degré de résistance qu'ils opposent aux effets de la chaleur.

Cette proposition résulte des expériences de Delaroche et Berger (2); mais elle ressort avec plus d'évidence encore de celles de Letellier (3) qui, ayant été exécutées dans des conditions peu éloignées de l'état physiologique, n'ont pas, comme les premières, déterminé dans l'économie des animaux de violentes perturbations. L'auteur s'est renfermé dans des limites comprises entre 30° et 40°, températures extrêmes de l'atmosphère pour les animaux en expérience. La respiration continuant à s'effectuer d'une manière douce et égale, entre 28° et 33°, il a été possible de mesurer avec précision l'influence de ces températures sur les proportions d'acide carbonique exhalé dans l'acte respiratoire et d'eau perdue par la transpiration pulmonaire et cutanée; en même temps, on a pu tenir compte des variations survenues dans la chaleur propre des animaux.

Cette infériorité de résistance à l'action de la chaleur extrême, qui caractérise les petites espèces, dépend de ce que, comparativement aux espèces plus grosses, elles offrent à l'air qui les environne une surface relativement beaucoup plus considérable, d'où résulte pour elles une pénétration plus rapide de la chaleur ambiante jusqu'aux parties le plus profondément situées. — Les actes vitaux destinés

(*) Voici les éléments de ce calcul : $536,21 + 33,75 \times 0,95 = 0^{cal.},541$. Or, $0^{cal.},541$ peuvent élever 541 grammes d'eau de 1°, ou, ce qui revient au même, en faire monter $5^{gr.},41$ à 100°, ou enfin $2^{gr.},705$ à 200°, toutes ces valeurs étant proportionnelles entre elles.

(1) DELAROCHE, *thèse cit.*, p. 25.

(**) Ce chiffre forme la moyenne entre 37°,41 et 43°,44 qui représentent la température de l'animal à son entrée dans l'étuve et à sa sortie.

(***) Le calcul porte sur le poids de l'animal réduit des 639 grammes perdus par évaporation.

(2) *Thèse cit.*, p. 27.

(3) LETELLIER, *Influence des températures extrêmes de l'atmosphère sur la production de l'acide carbonique dans la respiration des animaux à sang chaud* (*Ann. de chimie et de physique*, 3e série, t. XIII, p. 478).

à neutraliser cette influence destructive de la température, doivent donc acquérir plus d'énergie à mesure que cette température s'élève. — Ainsi, un *verdier*, qui en général perd, par heure, de 0gr,150 à 0gr,300 d'eau, par les poumons et la peau, en perd jusqu'à 1 gramme à la température de 40°. — Chez une *tourterelle*, à cette même température, la perte dépasse à peine ce dernier chiffre (1).

Dans les expériences que nous avons déjà citées (*), la première grenouille était de petite espèce : elle subit l'action de la chaleur, jusqu'à la dernière limite ; en moins d'une heure, elle était arrivée à un état de mort apparente ; les mouvements respiratoires avaient cessé et le corps se racornissait. — L'autre grenouille, qui était fort grosse, resta exposée pendant près de deux heures (1 h. 55 min.) à une température longtemps supérieure à 56° et qui finit par en atteindre 65. L'animal en parut peu affecté : il fit d'abord quelques mouvements, puis garda une immobilité complète. Sa respiration devint plus profonde, mais ne s'accéléra pas beaucoup.

L'organisation n'est pas moins efficace que le volume pour hâter ou retarder les effets de la chaleur. Dans les expériences de Delaroche (2), les oiseaux et les petits mammifères se sont montrés de beaucoup inférieurs aux grenouilles, sous le rapport de l'aptitude à supporter l'action d'une température élevée ; et, parmi les invertébrés, les sangsues et les bulimes ont résisté plus longtemps que les courtilières et les punaises de bois. — Enfin, le même animal, sous ses différents états, n'a pas toujours été impressionné d'une façon identique par un même nombre de degrés : ainsi les scarabées nasicornes, à l'état parfait, ont succombé plus promptement que leurs larves (3). Les œufs du ver à soie, du papillon de l'orme et de la mouche ont supporté des températures auxquelles leurs larves n'ont pas résisté. Il en a été de même des œufs de grenouille par rapport aux têtards qui en étaient provenus (4).

L'*homme*, exposé par sa nature cosmopolite aussi bien que par les exigences professionnelles à subir l'action des températures extrêmes, trouve dans son organisation les éléments de résistance à leur influence pernicieuse.

L'intervalle qui sépare ces températures peut s'élever à 104 degrés, en ne parlant que de celles qui se produisent naturellement et que les observateurs ont mesurées avec exactitude (**).

Mais si l'on tient compte des chaleurs artificielles, cet intervalle se trouve considérablement élargi, et mesure près de 170 degrés, comme le prouve le fait suivant :

La plus haute température à laquelle un homme *entièrement nu* se soit exposé, pour en étudier les effets, est celle de 109°,4. Berger (5), qui était le sujet de

(1) LETELLIER, *Mém. cit.*, p. 485.

(*) Voir page 1129.

(2) *Ouvr. cit.*, p. 27.

(3) DELAROCHE, *ouvr. cit.*, p. 27.

(4) SPALLANZANI, *Opusc. de phys., etc.*, t. I, p. 55 et suiv.

(**) Le capitaine BACK, traversant l'Amérique du Nord pour rejoindre le capitaine Ross, a vu le thermomètre descendre à — 56°,7. D'un autre côté, BURCKARDT, à Esné, dans la haute Égypte, a noté + 47°,4 pendant un *chamsin* : ces deux indications thermométriques sont à 104°,1 l'une de l'autre.

(5) DELAROCHE, *ouvr. cit.*, p. 29.

l'expérience, subit l'influence de cette température pendant sept minutes, et perdit 220 grammes d'eau par la perspiration pulmonaire et cutanée. Si l'on suppose que sa chaleur propre s'est élevée à 40° pendant ce court intervalle de temps, ces 220 grammes d'eau réduits en vapeur représentent un chiffre de $126^{cal},720$, c'est-à-dire la *septième* partie environ des pertes en eau et en calories que l'homme adulte, placé dans les circonstances ordinaires, éprouve durant l'espace de vingt-quatre heures. — Les symptômes éprouvés se bornèrent à une sensation assez vive de brûlure autour des mamelons, aux narines et même dans tout le visage, et, à la fin, survinrent de la faiblesse et du malaise. Trois quarts d'heure après sa sortie, Berger se trouvait dans son état naturel.

Les effets ressentis par le même observateur dans une étuve remplie de vapeurs aqueuses, dont la présence mettait obstacle à la vaporisation du produit de la double perspiration, font bien ressortir l'influence rafraîchissante de cette vaporisation, quand elle peut s'effectuer en toute liberté.

Berger (1) resta $12^{min.},5$ dans cette étuve : quand il y entra, la température était de 41°,25 ; après huit minutes et demie, elle avait atteint 53°,75, et, à la fin de l'expérience, elle était redescendue à 52°,50. — L'expérimentateur eut à souffrir de la sensation de brûlure dans diverses parties du corps et surtout dans les membres inférieurs ; au bout de dix minutes, il éprouva un léger malaise, qui augmenta rapidement et l'obligea de sortir : il s'y joignit de la faiblesse et du tournoiement de tête. Deux heures passées au lit ne purent le rétablir, et il resta souffrant tout le reste de la journée. — Et cependant il avait perdu 310 grammes de son poids pendant son séjour dans l'étuve ; mais cette perte n'avait produit aucun effet réfrigérant parce que l'eau s'échappait sous forme liquide : l'excitation dont la peau était le siége, et qui en avait augmenté l'activité sécrétoire, se prolongea au point que, dans les deux heures huit minutes qui suivirent sa sortie, il perdit encore 1490 grammes d'eau, déduction faite de 110 grammes qu'il avait bus.

Les *vêtements* ne sont pas moins utiles contre l'extrême chaleur que contre le froid excessif.

C'est à la faveur des habits qui les protégeaient contre le rayonnement trop énergique des parois échauffées du four de la Rochefoucault, que les jeunes filles observées par Duhamel, Tillet et Marantin (2), pouvaient supporter des températures de 120°, 140°, 150° et même 160°. — Une d'elles prit avec soi des pommes et de la viande, pour les faire cuire à ses côtés : il est vrai de dire que l'on tenait ouverte la bouche du four, et que le séjour de la jeune fille était limité à quelques minutes ; quand elle était sortie, on fermait le four pour amener les aliments à parfaite coction (*).

Les observations de Blagden (3) sont plus rigoureuses. L'appareil dans lequel il opérait de concert avec Fordyce, Phipps, Banks et Solander, se composait princi-

(1) *Ouvr. cit.*, p. 40.

(2) TILLET, *Mémoire sur les degrés extraordinaires de chaleur auxquels les hommes et les animaux sont capables de résister* (*Mémoires de l'Académie royale des sciences de Paris pour* 1764, p. 186).

(*) On a vu souvent des baladins répéter, devant la foule ébahie, cette expérience qu'ils parvenaient à prolonger en prenant les précautions employées par BLAGDEN, et dont nous parlerons plus loin.

(3) *Experiments and Observations in a Heated Room*, by Ch. BLAGDEN (*Philos. Transact.*, 1775, p. 111.

palement d'une chambre de $4^m,27$ de longueur sur $3^m,66$ de largeur et $3^m,35$ de hauteur. — Les dimensions de cet appareil sont importantes à noter : elles permettaient aux expérimentateurs d'y marcher librement, circonstance qui a dû contribuer à leur rendre tolérable une chaleur supérieure à celle que Delaroche et Berger pouvaient supporter (*).

Ainsi, Blagden (1) étant entré tout nu dans l'appareil, avec la seule précaution d'interposer un morceau de toile entre lui et le poêle, afin de se soustraire à une intolérable sensation de brûlure, éprouva d'abord une impression beaucoup plus désagréable que celle qu'il avait ressentie quand il avait expérimenté étant habillé. — La température dépassait alors le terme de l'ébullition. — Mais en cinq ou six minutes, une sueur abondante lui apporta un grand soulagement, et mit fin à ce malaise extraordinaire : au bout de douze minutes, il sortit, n'éprouvant rien autre chose qu'une grande fatigue sans aucune oppression. Le thermomètre marquait en ce moment 104°,44.

D'autres personnes firent la même expérience avec des résultats identiques, mais à une chaleur de 126°,67.

Notons, d'ailleurs, que l'appareil avait été chauffé longtemps à l'avance et le feu entretenu, en sorte que la radiation calorifique des parois était aussi active que possible ; aussi n'y avait-il aucun abaissement de température par suite de l'arrivée et de la présence des expérimentateurs, ainsi que cela s'était produit dans une autre série d'expériences où l'on n'avait pas pris la même précaution.

Il est fâcheux que l'on ait négligé de déterminer le poids des personnes qui ont pris part à ces expériences remarquables, avant leur entrée dans l'appareil et après leur sortie.

Cette circonstance, que Blagden regrette pour le fait qui lui est propre, rend incomplets les résultats observés, et assure la prééminence aux recherches de Delaroche et Berger.

Tillet (2) a fait plusieurs expériences qui prouvent combien les vêtements sont efficaces pour protéger le corps contre les effets d'une chaleur excessive. — Un bruant, qui n'avait subi que pendant quatre minutes l'action d'une température de 76°,43, n'en périt pas moins de suffocation et de convulsions, six minutes après avoir été retiré du four et mis à l'air libre. Par opposition, un autre oiseau de même espèce, exposé à une température de 78°,75 après avoir été enveloppé d'un linge double à plusieurs tours, qui laissait libres la tête et les pattes, y resta huit minutes, et, quand on retira le maillot, on trouva les plumes sèches et médiocrement chaudes : quelques moments après avoir bu un peu de vin, l'oiseau voltigeait dans sa cage. — La même expérience réussit avec des poulets. — Enfin, un lapin enveloppé dans une serge et une serviette, non compris la tête et les pattes, séjourna pendant trente-deux minutes dans le même four, dont la température s'élevait à 76°,43, et marquait encore 67° à la fin de l'expérience. Pendant vingt-deux minutes l'animal resta tranquille : il s'écoulait une humeur abondante

(*) L'étuve ou cabinet dont ces derniers observateurs se sont servis, ne mesurait que $2^m,5$ en longueur, $1^m,7$ en largeur, et $2^m,2$ en hauteur : dans le centre, se trouvait un poêle cylindrique, de fonte, dont les tuyaux, perçant la cloison, portaient au dehors les produits de la combustion. — Il est évident qu'avec des dimensions aussi limitées, la chaleur rayonnante du poêle et des parois devait influer puissamment sur les résultats, en ajoutant son action à celle de la masse d'air échauffé.

(1) *Mém. cit.*, p. 486.

(2) *Mem. cit.*, p. 196

de sa bouche et de ses narines ; sa respiration était bruyante et pénible. Lorsqu'on le retira, il ne semblait nullement abattu, et, après le démaillottement, il avait le poil sec et son corps n'était pas extraordinairement chaud ; cinq à six minutes après sa sortie, il était dans son état naturel (1).

Nous empruntons à Blagden (2) les détails d'une expérience du même genre faite sur une chienne de forte taille : on roula autour de l'animal une couverture, de façon à protéger ses pattes contre la chaleur, et l'on mit une feuille de papier au-devant de sa tête et de sa poitrine, afin de soustraire ces parties à la radiation directe du poêle, qui chauffait la chambre à expériences. — La température était alors de 104°,44. — Au bout de dix minutes, la bête était haletante et tirait la langue comme elle l'eût fait après une course par un temps chaud ; mais elle était si peu affectée, qu'elle témoignait du plaisir quand on s'approchait d'elle. — Au bout d'une demi-heure, le thermomètre était monté à 113°,33 ; on écarta la couverture, et l'on en trouva le fond mouillé par le produit de la perspiration. — La température, prise entre la cuisse et le flanc, était à 43°,33 ; mais ce chiffre devait être trop élevé, par suite de l'impossibilité de maintenir en place la boule de l'instrument pendant un temps assez prolongé, et de plus, de soustraire cette même boule au contact des poils, qui étaient plus chauds que la peau nue. — Plus tard, quand l'animal fut reposé et dans son état normal, le thermomètre, placé dans le même point, marqua 38°,33. — On mit fin à l'expérience au bout de trente-deux minutes, la chienne était en parfait état de santé et s'y maintint.

Blagden (3) constata sur lui-même l'influence protectrice des vêtements : pendant qu'il se trouvait exposé à une température de 73°,33, dans la chambre dont nous avons déjà parlé, il introduisit un thermomètre entre ses habits, mais sans le porter au contact de la peau, et le vit descendre à 43°,33.

Dans une autre expérience, avant de pénétrer dans l'appareil, dont les thermomètres marquaient l'un 118° et l'autre 129°, il prit la précaution de mettre par-dessus ses chaussures et ses vêtements une paire de bas épais montant jusqu'aux genoux ; il mit des gants pour protéger ses mains, et, à l'aide d'une toile tenue à distance, il garantit son visage de la radiation du poêle alors rouge de chaleur. — Ainsi vêtu, cet expérimentateur marcha pendant huit minutes en divers points de la salle, n'éprouvant aucune sensation pénible, et ayant au contraire la conscience qu'il lui serait possible de supporter une température encore plus élevée. Cependant, à la fin de l'expérience, il se sentit oppressé et se décida à sortir. —Après avoir ôté une partie de ses vêtements, il rentra et ressentit d'abord une chaleur très désagréable ; mais une sueur abondante se déclara et lui apporta du soulagement. — Après douze minutes, Blagden quitta la chambre sans avoir éprouvé d'oppression comme précédemment. — Le thermomètre accusait alors 104°,44 (4).

Enfin, il est une circonstance que nous ne devons pas omettre et qui se trouve consignée dans le travail de Blagden : alors que les expérimentateurs se trouvaient exposés à une température voisine de 100°, température qui, en sept minutes, s'abaissa à 92°,22, l'haleine dirigée sur la boule du thermomètre le faisait descendre de plusieurs degrés, en même temps qu'elle produisait sur les doigts une impression très agréable de fraîcheur. Une expiration un peu forte,

(1) *Mém. cit.*, p. 200.
(2) *Ibid.*, p. 484.
(3) *Ibid.*, p. 121.
(4) *Ibid.*, p. 485.

exécutée la bouche close, déterminait le même effet sur les narines, qui étaient, au contraire, comme brûlées par l'inspiration de l'air chaud. — La température de la peau était de 36°,67 (1).

Cette infériorité du chiffre de la chaleur propre des animaux supérieurs et même de l'homme, comparée à celle du milieu ambiant, a été signalée par plusieurs observateurs. — John Lining (2) raconte que, pendant son séjour à Charles-Town dans la Caroline du Sud, au mois de juin 1738, la température, à l'ombre, étant de 36°,67, il s'appliqua successivement un thermomètre dans la bouche et sous l'aisselle, et trouva pour celle-ci 36°,11, et pour la première, 36°,67.

A Savannah en Géorgie, en 1758, Henry Ellis (3) nota 38°,89 dans une chambre située au nord. Il sortit, un parasol à la main pour se garantir du soleil; le thermomètre qu'il tenait, s'éleva à 40°,56; appliqué sur sa peau, le même instrument descendit, à sa grande surprise, à 36°,11.

Cependant, lorsque la température à laquelle l'homme et les animaux sont exposés est supérieure à celle qui leur est propre, cette dernière s'élève d'une manière bien marquée, tout en restant inférieure à celle du milieu lui-même. — Ce réchauffement pour Delaroche et Berger s'est élevé de 2 à 5 degrés, suivant les différentes circonstances de l'expérience (4). — Chez les animaux qu'ils observaient (5), l'élévation a été jusqu'à 6° ou 7°; et, quand la chaleur extérieure était très considérable, cet accroissement de température n'avait d'autres limites que la mort, qui en était la conséquence nécessaire (*).

Il reste donc bien établi, d'après les faits qui précèdent, que, d'une part, la température des mammifères et des oiseaux peut s'écarter notablement du chiffre de l'état normal, sous l'influence de la chaleur ambiante, et, de l'autre, qu'elle est loin d'être toujours supérieure à celle de ce milieu.

Dans les pays chauds, particulièrement dans les régions tropicales, où le thermomètre, placé à l'ombre, atteint fréquemment le chiffre de 44°, on fait usage de *vêtements* de laine ou de coton, dont l'ampleur favorise le renouvellement de l'air autour du corps, et dont le tissu n'abandonne pas trop rapidement l'humidité qui d'habitude l'imprègne, par suite de l'activité de la sécrétion cutanée. « Quand on arrive dans les pays tropicaux, dit Johnson (6), il faut dire adieu au luxe de la toile, si le nom d'objet de luxe peut s'appliquer à une chose désagréable et nuisible..... Le coton absorbe la sueur avec facilité, la retient avec force, tandis que le linge de toile, lorsqu'il est humide, occasionnerait un frisson pénible, si l'on se trouvait exposé à un courant d'air, et déterminerait de fâcheuses conséquences. »

(1) *Mém. cit.*, p. 118.

(2) *A Letter concerning the Weather in South Carolina* (*Philos. Transact.*, 1748, p. 336).

(3) *An Account of the Heat of the Weather in Georgia* (*Philos. Transact.* for 1758, p. 755).

(4) *Mém. cit.*, p. 43 et 44.

(5) DELAROCHE, *Mémoire sur la cause du refroidissement qu'on observe chez les animaux exposés à une forte chaleur* (*Journal de physique, etc.*, par de Lamétherie, t. LXXI, p. 291 et suiv.).

(*) C'est à la même cause qu'il faut rapporter les exemples trop nombreux de mort subite parmi les hommes qui travaillent dans la campagne, pendant les chaleurs de l'été.

(6) JOHNSON, *The Influence of Tropical Climates*, etc., p. 521 et suiv.

Le choix des tissus dont nous parlons offre encore un autre avantage qui justifie la préférence qu'on leur accorde : ils sont moins perméables que les autres à la chaleur. « On plaça, à Madras, pendant la journée, dans une chambre où le thermomètre marquait 32°, deux lits ; sur l'un d'eux on étendit deux couvertures de laine, et sur l'autre, une paire de draps de toile. Le soir, quand on découvrit ces lits, le premier était frais et agréable ; la chaleur du second était intolérable (1). »

Ces faits justifient le proverbe espagnol : « *Ce qui préserve du froid préserve aussi du chaud.* »

Les *abris* doivent également figurer dans l'énumération des moyens employés par l'homme et par les animaux pour se soustraire à l'action des températures trop élevées.

Pendant l'ardeur du jour, dans les saisons et dans les contrées chaudes, alors que le sol est brûlant et l'air embrasé, tous les animaux se réfugient dans leurs retraites, et s'y tiennent immobiles. L'homme seul, poussé par les exigences de sa position, mais souvent aussi par des sentiments plus ou moins impérieux et louables, ose engager contre l'élément destructeur une lutte dont sa merveilleuse organisation lui permet le plus souvent de sortir vainqueur.

Mais, parmi les auxiliaires qu'il appelle alors à son aide, il n'en est pas de plus efficace que l'usage de *boissons* appropriées, qui favorisent la transpiration et même l'excitent, lorsque les conditions atmosphériques en suspendent la facile production, comme cela arrive par exemple sous l'influence de certains vents qui donnent lieu à une chaleur âcre, mordicante, avec sécheresse intolérable de la peau (2).

En dehors des circonstances que nous venons de passer en revue, il en est un certain nombre qui sont exceptionnelles, et dans lesquelles l'homme brave des températures capables de désorganiser les parties soumises à leur influence, non-seulement sans qu'il en éprouve d'effet fâcheux, mais même sans qu'il ait la conscience de l'excessive chaleur à laquelle il ne craint pas de s'exposer. — Nous voulons parler de ces expériences, qui rappellent les anciennes épreuves judiciaires ou *ordalies*, en usage chez tous les peuples et dans tous les temps, ou qui se rapportent aux pratiques des sectateurs de la religion de *Zoroastre*, ou adorateurs du feu.

C'est aujourd'hui un fait vulgaire que de couper avec la main un jet de fonte liquide, de plonger cet organe dans des moules ou dans des creusets remplis de ce même métal fondu et dont le rayonnement est insupportable à quelque distance. — On peut aussi passer la langue sur du fer incandescent, manier ce fer, courir nu-pieds sur une *gueuse* aussitôt après la coulée, etc.

L'immunité dont jouissent alors les organes ne s'explique plus par l'effet réfrigérant dû à la vaporisation de l'humeur sécrétée par la peau : cet effet ne serait ni assez prompt ni assez énergique pour enrayer un seul instant la désorganisation des tissus. Mais elle trouve son explication dans l'état particulier que prennent les liquides vaporisables en présence d'une surface fortement échauffée.

(1) JOHNSON, *loc. cit.*

(2) THÉVENOT, *Traité des maladies des Européens dans les pays chauds et particulièrement au Sénégal*. 1840, p. 61 et suiv.

Cet état, que Boutigny (1) a désigné sous le nom d'*état sphéroïdal*, et dont l'étude l'a conduit aux résultats les plus imprévus, consiste en ce qu'un liquide (de l'eau par exemple), projeté sur une surface incandescente, au lieu de se réduire rapidement en vapeur, se réunit en une ou plusieurs petites sphères qui se tiennent à distance de la surface précitée, réfléchissent le calorique rayonnant, et ne s'échauffent pas assez pour entrer en ébullition.

Lors donc que l'on passe vivement la main dans un métal en fusion, l'humidité qui la recouvre prend aussitôt l'état sphéroïdal, et, pendant ce rapide passage, le métal n'arrive pas au contact de la peau.

Bien plus, si l'on mouille préalablement la main avec une solution saturée d'*acide sulfureux* contenant un peu de *chlorhydrate d'ammoniaque*, on éprouve une sensation de froid au moment où on la plonge dans le bain de métal fondu.

Il est presque superflu d'ajouter qu'il faut se garder de prolonger un contact qui ne tarderait pas à devenir funeste, par suite de la vaporisation de l'enveloppe protectrice.

Les transitions de température donnent lieu à des effets qui varient suivant que la température nouvelle est supérieure ou inférieure à celle qui précédait, suivant aussi que le passage est brusque ou progressif, durable ou momentané, que les différences thermométriques sont faibles ou considérables, et, enfin, suivant les conditions physiologiques où l'on se trouve au moment de la transition.

Les expériences de J. Hunter (*) ont montré que l'on peut, sans donner lieu à aucun accident, abaisser au dessous du terme de la congélation la température de certaines parties du corps, et même en solidifier les éléments liquides; puis ramener ces mêmes organes à leur température première, pourvu que l'on ait soin de procéder, dans ces expériences, avec une extrême lenteur.

C'est cette marche qu'il convient de suivre dans le traitement de la *congélation* (**), sous peine de voir se développer les accidents les plus graves.

Dans la campagne d'Eylau, les soldats, malgré un froid intense et la présence d'une neige abondante, étaient en bon état de santé, lorsque, du 9 au 10 février, le thermomètre monta brusquement de — 19° à + 6° : aussitôt un grand nombre d'hommes furent frappés d'inflammation de la peau à divers degrés, avec douleurs violentes, phlyctènes, etc. : chez quelques-uns, la gangrène se déclara et les plus maltraités furent ceux qui se chauffèrent (2).

Si le mouvement thermométrique se fait dans le sens d'une température de plus en plus basse, et que l'action en soit prolongée, il en résulte un refoulement du sang vers les viscères où il s'accumule : le cerveau et les poumons se congestionnent ; il se manifeste une tendance presque irrésistible au sommeil, de la lenteur dans les mouvements, une sorte d'idiotisme ; la parole devient difficile, la vue s'affaiblit, et la mort arrive. Toutefois la mort peut n'être qu'apparente.

Pendant l'hiver de l'an X (1802), vingt soldats autrichiens s'égarèrent dans les neiges du mont Cenis : on les trouva, au bout de vingt-six heures, engourdis et ne donnant aucun signe de vie. Placés dans des lits froids, frictionnés successi-

(1) *Études sur les corps à l'état sphéroïdal, etc.*, 3e édition. Paris, 1857.

(*) Voir ci-dessus, page 1128.

(**) Voir page 1128.

(2) LARREY, *Mémoires de chirurgie militaire*, t. III, p. 60.

vement à la neige, à l'eau froide et à l'eau tiède, ils se rétablirent promptement (1).

Quand la transition du froid au chaud est trop rapide, la mort peut arriver subitement à la suite de symptômes cérébraux qui varient suivant les sujets.

Pendant la retraite de Moscou, le pharmacien en chef Sureau arrive à Kowno, épuisé de faim et de froid ; il passe quelques heures dans une chambre chaude : ses membres engourdis se tuméfient, il expire sans prononcer une parole (2).

A la même époque, on vit des soldats tomber roide morts, comme atteints d'apoplexie, au moment où ils approchaient du feu ; d'autres, saisis d'un délire furieux, se précipitaient au milieu des flammes (3).

L'exposition plus ou moins prolongée à une chaleur excessive, même à l'air libre, peut aussi entraîner subitement la mort par asphyxie ou congestion cérébrale.

John Lining (4) cite l'exemple de deux hommes qui, en juin 1738, tombèrent morts, dans une des rues de Charles-Town, où la chaleur s'élevait de 51° à 52°, le thermomètre accusant à l'ombre 36°,67. Il vit un de ces hommes immédiatement après qu'il avait été frappé : la face, le cou, la poitrine et les mains étaient déjà livides. — De semblables accidents ne sont pas rares, même dans nos climats, parmi les ouvriers des campagnes, à l'époque de la moisson.

Les modifications physiologiques que la peau est susceptible d'éprouver, sous l'influence d'une température élevée, peuvent la rendre insensible à l'action d'une température plus basse.

C'est ce que Fordyce (5) éprouva à la suite d'une des expériences qu'il fit dans l'étuve humide de Blagden. Il y séjourna pendant cinq minutes à une température de 32°,22 ; puis, pendant une demi-minute à 43°,33 ; inondé de sueur, il retira sa chemise, seul vêtement qu'il eût conservé, et resta vingt minutes exposé à une chaleur de 48°,89 : le thermomètre, placé sous sa langue, dans ses mains, et finalement, plongé dans son urine, marquait 37°,78. — Après avoir pris un bain à 37°,78, et s'être bien essuyé et vêtu, il retourna chez lui en voiture. Au bout de deux heures, il sortit à pied, et sentit à peine le froid, qui était à ce moment au-dessous du terme de la congélation.

Les résultats de cette expérience confirment ce que l'on sait des pratiques suivies dans le nord de l'Europe, et notamment en Russie, pendant l'administration des bains de vapeur : au sortir de ces bains, on se roule dans la neige, et le contraste des températures, loin d'être suivi d'accidents, paraît avoir les résultats les plus salutaires. — En effet, la peau, vivement stimulée par le contact de la vapeur, qui non-seulement agit sur elle par sa chaleur thermométrique, mais qui, de plus, lui abandonne, en se condensant, sa chaleur latente de vaporisation, la peau se trouve bientôt portée à un état d'hérétisme considérable ; soumise alors à l'influence réfrigérante de la neige, dont l'action n'est d'ailleurs que momentanée, celle-ci n'a d'autre résultat que de calmer cette surexcitation, et d'en arrêter les progrès.

(1) DUFOUR, *Thèses de Paris*, 1806, n° 100.
(2) LARREY, *Mémoires de chirurgie militaire*, t. IV, p. 134.
(3) DESGENETTES, *Discours de rentrée à la Faculté de médecine de Paris*, 1814.
(4) *A Letter concerning the Weather in South Carolina*, p. 338 (*Philos. Transact.*, 1748).
(5) BLAGDEN, *Experiments and Observations in a Heated Room* (*Philos. Transact.*, 1775, p. 114).

Les conditions étaient tout autres dans le fait suivant qui m'a été communiqué par Boussingault. — Pendant son séjour en Amérique, il traversait un jour à cheval la plaine de Mariquita, dans la vallée de Magdalena, l'une des plus chaudes du continent. Pour se mettre à l'abri de l'ardeur du soleil, il se réfugia sous un hangar construit à l'usage des hommes chargés de la préparation du *tasajo* (*) ; comme il devait passer quelque temps sous cet abri, il y installa ses instruments et ôta son manteau. Mais il lui fallut bientôt le remettre, car il éprouvait une sensation de froid, bien que le thermomètre marquât 42°. — Il est évident que, dans cette circonstance, la peau, protégée contre la radiation solaire par des vêtements de laine suffisamment larges et épais, n'avait pas dû acquérir une température de beaucoup supérieure au chiffre normal, d'autant plus que le voyageur était à peu près immobile sur son cheval. En retirant son manteau que le soleil avait fortement chauffé, il a dû être d'autant plus sensible à la différence de température qui en est résultée pour lui, que le chiffre atteint par le thermomètre placé à l'ombre donne le droit de supposer qu'en plein air, la chaleur devait approcher de 60°. C'est donc ici principalement, sinon uniquement, un phénomène de contraste.

Mais, si le corps est échauffé par la marche en même temps que par la température extérieure, l'exposition prolongée à une chaleur moindre, surtout s'il y a des courants d'air, amène les accidents les plus fâcheux. Ces courants d'air favorisent l'évaporation de la sueur dont la surface de la peau est couverte, et, avec cette évaporation, le refroidissement qui en est la conséquence.

Nous venons d'expliquer par une action de contraste le refroidissement qui peut se manifester même en présence d'une température notablement supérieure à celle du corps. Nous pourrions recourir à la même explication, pour rendre raison de la sensation de chaleur qu'on éprouve, quand, au sortir d'une température très basse, on se trouve exposé à un froid sensiblement moindre, ainsi que cela arrive dans nos climats, à l'époque du dégel.

Mais il y a une autre explication plus physiologique applicable à ce dernier cas : nous voulons parler de la persistance d'une plus grande activité des combustions respiratoires, alors que les conditions thermométriques et météorologiques cessent d'être en harmonie avec cette activité.

« Le corps, dit le capitaine Ross (1), engendre-t-il plus de chaleur quand il fait froid, et en engendre-t-il d'autant plus que le froid est plus rigoureux ? Si cela n'est pas, comment pouvions-nous avoir aussi chaud à — 45°,55 qu'à — 12°,22 ou—6°,67, laissant de côté les accidents fortuits du vent, et son action sur le corps quand il y est exposé ?..... Il est difficile de s'imaginer ce qu'on éprouverait, s'il se produisait, au mois de juillet, un froid de — 46°,67, avec une température de + 21°,11 pendant le jour. »

Les expériences citées précédemment sur les variations qu'éprouvent en hiver et en été les combustions respiratoires, répondent aux premières questions du savant navigateur. Quant à la réflexion par laquelle il termine, elle suppose une éventualité qui s'est réalisée au moins en grande partie dans plusieurs ascensions aérostatiques, et notamment dans celle de Gay-Lussac, qui, parti au mois d'août par une température de + 30°,7, s'est trouvé en quelques minutes exposé

(*) Lanières de bœuf desséchées au soleil et conservées comme produit alimentaire.

(1) Ross, *Narrative of a Second Voyage*, etc., p. 334.

à — 9°,5, sans en éprouver aucun accident notable, qu'on pût attribuer à une transition de chaleur aussi rapide et aussi considérable.

IV. — Les *maladies* impriment à la chaleur animale des modifications dont l'étude peut jeter quelque lumière sur l'histoire physiologique de ce phénomène. C'est donc seulement à ce dernier point de vue que nous devons nous occuper de cette étude.

Monneret (1), prenant pour base l'influence exercée par les maladies sur la chaleur propre de l'homme, les a réparties en deux classes, suivant qu'elles donnent lieu à une élévation ou à un abaissement de température. — On peut admettre une troisième classe formée par les maladies dans lesquelles la calorification ne se trouve pas modifiée.

Les auteurs n'ont signalé, jusqu'ici, que trois maladies dans lesquelles la chaleur animale s'abaisse au-dessous de son degré normal : ce sont le *choléra*, le *sclérème* et l'*algidité progressive des nouveau-nés*.

Toutefois le refroidissement peut se montrer dans d'autres états morbides, non plus comme élément essentiel, mais seulement à titre de simple accident ou d'épiphénomène.

Au contraire, l'élévation de la température propre s'observe dans une foule de maladies, parce que cette élévation est sous la dépendance du mouvement fébrile plus ou moins prononcé qu'elles sont la plupart susceptibles d'offrir à une époque quelconque de leur développement.

En effet, pour les observateurs de tous les temps, l'augmentation de chaleur constitue le symptôme caractéristique de la fièvre : « Calor adeo assiduum in » febribus symptoma invenitur, » dit Van Swieten, « ut febris naturam individuam » in calore posuerint Galenus, aliique post illum celeberrimi medici (2). »

On peut même poser en principe que l'augmentation de chaleur n'est générale que dans la fièvre, soit essentielle, soit symptomatique d'un exanthème ou d'une phlegmasie.

Dans la *fièvre typhoïde*, la température s'élève ordinairement à 39° et 40°, et, dans les formes graves de cette maladie, ce chiffre peut atteindre et même dépasser 42°.

Dans les *fièvres intermittentes*, la chaleur va toujours en croissant pendant les stades de frisson, de chaleur et de sueur : c'est ainsi que partant du chiffre normal 36°,50 à 37°,50, elle monte à 39°, 40°, 41° et même 42°. — Toutefois, au début de l'accès, alors que le malade est en proie à un frisson plus ou moins intense, et qu'il accuse une sensation de froid souvent très pénible, l'accroissement de chaleur, que l'on constate par l'application du thermomètre dans l'aisselle, peut coïncider avec un refroidissement notable de la surface de la peau et des extrémités des membres. — Mais, le plus ordinairement (les *fièvres algides* en sont un remarquable exemple), la sensation de froid accusée par le malade est un phénomène nerveux que l'examen thermométrique ne vient pas confirmer.

La *rougeole*, la *scarlatine*, la *variole* et l'*érysipèle* s'accompagnent d'un accroissement de température qui, au moment de l'éruption, peut atteindre 39° à 40° ; néanmoins cet accroissement, qui, dans certaines limites, se montre proportionnel

(1) *Traité de pathologie générale*, t. II, p. 3 et suiv.

(2) VAN SWIETEN, *Commentarii in Boerhaavii Aphorismos*, t. II, p. 262.

à la gravité de la maladie, est rarement égal et il n'est jamais supérieur à celui qu'on observe dans la fièvre typhoïde.

Dans les *phlegmasies*, la nature de l'inflammation concourt plus puissamment que l'étendue des lésions à l'élévation de la température.

La *pneumonie* et le *rhumatisme articulaire aigu* sont, de toutes les phlegmasies, celles où la chaleur présente la plus grande élévation : le plus souvent elle s'arrête entre 39° et 40°.

Nous devons faire remarquer, que dans les maladies de cet ordre, le trouble de la caloricité précède le développement de la lésion locale, et que, dans la période de déclin, la température reprend son chiffre normal, malgré la persistance de la lésion matérielle. On est donc fondé à admettre que ces deux phénomènes, *chaleur fébrile* et *altération du solide*, sont jusqu'à un certain point indépendants l'un de l'autre.

Quand la phlegmasie aiguë est limitée à une région circonscrite ou à une membrane de petites dimensions, la température générale n'en reçoit aucune atteinte. Il n'en est pas de même de la chaleur locale qui, sans dépasser la température prise dans l'aisselle, est supérieure à celle de la partie correspondante dans le côté sain.

L'accroissement de température qu'on observe dans un grand nombre de maladies chroniques paraît avoir sa source dans l'action qu'exercent sur l'organisme, et plus particulièrement sur le système nerveux, certains produits hétérologues, tels que le pus, les matières septiques, virulentes, tuberculeuses ou cancéreuses.

On sait d'ailleurs que l'excitation directe du système nerveux, et spécialement du nerf grand sympathique, modifie puissamment la calorification des parties auxquelles ce nerf se distribue.

On ne peut guère expliquer autrement que par la perturbation des fonctions nerveuses les singulières alternatives de chaleur et de froid que J. Hunter eut occasion d'observer chez un homme qui venait d'être atteint d'apoplexie : « Tandis qu'il était couché dans son lit, privé de l'usage de ses sens, enveloppé dans ses couvertures, je remarquai, dit Hunter, que tout son corps devenait extrêmement froid en un instant ; qu'il restait dans cet état pendant quelque temps, et qu'il devenait ensuite extrêmement chaud, d'une manière aussi brusque. En même temps que ces changements alternatifs s'opéraient, son pouls ne présenta pas de variations appréciables pendant plusieurs heures (1). » — Ce fait a d'autant plus d'importance, que Hunter, s'occupant spécialement de recherches sur la *chaleur animale*, devait en être plus frappé qu'aucun autre observateur, et qu'il n'a rien négligé pour en bien constater la réalité : « Il est très probable, dit-il, que la production de la chaleur dépend d'un principe si intimement lié avec la vie, qu'il peut agir, et agit en effet indépendamment de la circulation, de la sensation et de la volition, et qu'il est la force qui conserve et règle intérieurement la machine (2). »

Enfin, J. Hunter résume ainsi son opinion sur ce point : « Dans la santé, la faculté génératrice de la chaleur s'exerce avec régularité et énergie. Dans la maladie, il n'y a plus, pour cette faculté, qu'irrégularité et incertitude. »

Ajoutons ici que c'est dans les affections où les centres nerveux semblent le plus compromis, que la chaleur animale subit les plus grandes variations : ainsi,

(1) HUNTER, *Œuvres complètes*, traduct. de RICHELOT, t. IV, p. 203.
(2) *Ouvr. cit.*, t. IV, p. 208.

dans la *méningite*, tantôt on observe une augmentation médiocre de chaleur, tantôt un chiffre des plus élevés (42°,50), tantôt, enfin, un chiffre relativement très bas (35°), comparativement à ce qui se voit dans les autres phlegmasies aiguës (1). D'un autre côté, il n'y a pas de maladie où la température s'élève aussi haut que dans les fièvres typhoïdes à forme grave, alors que les troubles nerveux sont au maximum d'intensité.

Il est même à remarquer que le chiffre de 43°,2, le plus élevé que l'on ait observé chez l'homme, a été trouvé au moment de l'agonie, lutte suprême pendant laquelle les fonctions de l'innervation sont dans le désordre le plus complet.

C'est pendant l'agonie des cholériques que Doyère (2) a constaté un réchauffement qui, pour quelques-uns, s'est élevé d'une manière progressive jusqu'à 42°; et cependant, à ce même moment, l'absorption d'oxygène et l'activité des fonctions respiratoires subissaient une dépression toujours croissante. « Comment expliquer cet étrange phénomène, dit Doyère ? Où et sous quelle forme se trouve dans l'organisation en santé cette chaleur latente que nous voyons réapparaître au moment où s'éteignent l'action nerveuse et la contractilité musculaire, comme reparaît la chaleur thermométrique, lorsque les vapeurs repassent à l'état liquide, en perdant leur tension mécanique... A coup sûr, ces faits ne portent aucune atteinte à la théorie qui nous montre la source de la chaleur animale dans la combustion respiratoire; mais ils prouvent, de la manière la moins douteuse, que la combustion respiratoire et la température du corps, à un moment donné, sont liées l'une à l'autre par des rapports moins étroits et moins immédiats qu'on ne le croit généralement, et qu'entre elles il existe quelque fonction remplissant pour la chaleur l'office que le volant remplit pour la force mécanique dans les machines ; l'absorbant, la rendant latente, et pouvant la restituer, à un moment donné, sous forme de température. »

Comme complément de ce que nous venons de dire au sujet de l'influence que les perturbations du système nerveux exercent sur la chaleur animale, nous rappellerons que Demarquay, A. Duméril et Lecointe (3) ont montré que les principaux médicaments de la famille des *solanées*, les *opiacés* et le *cyanure de potassium*, à doses toxiques, déterminent un abaissement de température qui va toujours en augmentant jusqu'à la mort.

Les anesthésiques (éther et chloroforme), administrés par voie d'inhalation, produisent d'abord une augmentation notable de chaleur ; puis bientôt cette augmentation est remplacée par une diminution qui est persistante (4).

Les variations que la *chaleur animale* éprouve dans les maladies, et dont nous venons de donner un aperçu rapide, trouveraient peut-être une explication rationnelle dans les modifications imprimées par les mêmes maladies, soit à l'activité de la double combustion respiratoire, soit au développement d'autres actions chimiques dont l'économie deviendrait alors le siége. Sans doute aussi l'innervation des vaisseaux joue un des principaux rôles.

Mais la science ne possède encore qu'un nombre trop limité de travaux exécutés

(1) ROGER, *Archiv. génér. de médecine*, 4e série, 1845, t. IX, p. 276.
(2) DOYÈRE, *Mémoire sur la respiration et la chaleur humaine dans le choléra* (*Moniteur des hôpitaux*, 1854, p. 110).
(3) *Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences de Paris*, 1851, t. XXXII.
(4) DEMARQUAY et DUMÉRIL, *Archiv. génér. de médecine*, 4e série, t. XVI, p. 189.

dans cette voie, pour qu'il soit permis d'en tirer des conclusions générales : ceux qui ont été publiés s'accordent assez exactement avec les données physiologiques que nous avons précédemment développées, ce qui permet d'espérer que les recherches ultérieures ne feront que confirmer de plus en plus ces mêmes données.

Gregor (1) a reconnu que, dans les fièvres éruptives, *variole*, *rougeole*, *scarlatine*, la proportion de gaz *acide carbonique* expiré va en augmentant dans la première période de la maladie, et qu'elle revient progressivement à l'état normal à mesure que les accidents se dissipent et que la santé tend à se rétablir.

Paul Hervier et S. Lager (2) professent une opinion diamétralement opposée : d'après leurs recherches, il y aurait, dans ces maladies, une moindre proportion de carbone brûlé. La *fièvre typhoïde*, la *dysenterie*, la *phthisie pulmonaire*, s'accompagneraient également d'une diminution dans la quantité d'acide carbonique exhalé. Au contraire, cette quantité serait augmentée dans les *fièvres intermittentes* (stades de frisson et de chaleur), dans le *rhumatisme aigu*, et dans les phlegmasies bien caractérisées, comme la *méningite*, la *péritonite* et la *métro-ovarite*.

Plusieurs auteurs se sont occupés d'étudier chimiquement la respiration des *cholériques :* Rayer (3) et Doyère (4) ont mis en évidence l'abaissement du chiffre de l'*acide carbonique* contenu dans l'air expiré. Mais Doyère a montré, de plus, que l'asphyxie est le phénomène constant du choléra, asphyxie caractérisée par la diminution des proportions de l'acide carbonique exhalé et de l'oxygène absorbé : cette diminution porte principalement sur le premier de ces deux gaz ; en sorte que, dans le choléra, il y a une certaine quantité de l'oxygène absorbé qui disparaît.

Il serait important de suivre les traces et les transformations de cette portion d'oxygène ; de rechercher si d'autres maladies ne présenteraient pas le même phénomène ; enfin, de déterminer, par l'analyse, quels sont les changements qui, sous l'influence morbide, surviennent dans la composition des divers produits excrémentitiels. La solution de ces problèmes importants donnerait à la théorie de Lavoisier, sur la chaleur animale, une solidité et une suite qui lui manquent encore sur quelques points de détail.

V. — A peu près arrivé au terme de l'étude que nous avons entreprise sur la *chaleur propre* des êtres vivants, nous croyons devoir en résumer les traits principaux dans les propositions suivantes :

1° La chaleur animale est entièrement due aux actions chimiques dont l'économie est le siége.

2° Ces actions chimiques sont complexes, et ne peuvent pas être déduites intégralement du chiffre de l'*oxygène* absorbé dans l'acte respiratoire.

3° L'*acide carbonique* et l'*eau* qui résultent des combustions interstitielles, et qui se retrouvent dans l'air expiré, ne représentent qu'une partie de la chaleur produite.

4° Il se forme, dans l'économie, un certain nombre de substances très oxydées

(1) *Annales de chimie et de physique*, 3e série, 1841, t. II, p. 528.
(2) *Journal des connaissances médicales*, 1848-1849, t. XVI, p. 258.
(3) RAYER, *Examen comparatif de l'air expiré par des hommes sains et des cholériques, sous le rapport de l'oxygène absorbé* (*Gazette médicale de Paris*, mai 1832, p. 277).
(4) *Mémoire sur la respiration et la chaleur humaine dans le choléra* (*Moniteur des hôpitaux*, 1854, p. 99).

(*urée*, *acides urique*, *sudorique*, etc.) qui font partie des matières excrémentitielles, et dont la formation entraîne tantôt un dégagement, tantôt une absorption de chaleur.

5° C'est en combinant les résultats de la méthode *indirecte*, instituée par Boussingault, avec ceux de la méthode *directe*, imaginée par Lavoisier, et ultérieurement employée par Dulong, Despretz, Regnault et Reiset, etc., que l'on pourra réunir les données nécessaires à l'évaluation numérique de la chaleur produite dans les différentes combustions complètes ou incomplètes qui ont lieu au sein des corps organisés et vivants (*).

6° Enfin, si la dénomination d'*animaux à sang froid* ou *à sang chaud*, admise par les anciens auteurs, est en opposition avec les faits observés, celle qui lui a été substituée d'*animaux à température constante* ou *à température variable*, n'est pas mieux fondée. *Tous les animaux ont une température variable, et cette température peut être, suivant les circonstances, supérieure ou inférieure à celle du milieu ambiant.*

Les variations que peut offrir la chaleur propre des animaux n'ont pas la même étendue dans toutes les espèces, et les écarts entre la plus haute et la plus basse température qu'ils présentent, sont subordonnés à un certain nombre de conditions que nous avons pris le soin de signaler.

En moyenne, et sans trop s'éloigner de l'état physiologique, on peut évaluer cet écart comme il suit :

45° à 50° pour les invertébrés (80° à 100° pour certains infusoires);
35° à 40° pour les reptiles et les poissons;
30° à 35° pour les mammifères et les oiseaux hibernants;
12° à 15° pour les mammifères et les oiseaux non hibernants;
6° à 8° pour l'homme.

C'est peut-être à la faculté que présente l'homme, de ne subir, sous l'influence des causes extérieures, que de faibles variations dans sa température propre, qu'est dû le privilége dont il jouit, à l'exclusion de tous les autres animaux, de pouvoir vivre dans tous les climats, à toutes les hauteurs et sous toutes les latitudes.

VI. — Pour faire l'étude complète des opinions diverses qu'on a émises sur les *causes de la production de chaleur* chez les animaux, il faudrait passer en revue tous les systèmes qui ont régné successivement dans la science ; nous ne nous livrerons pas à ce travail aussi ardu qu'inutile, et nous nous bornerons à indiquer sommairement quelques-unes des erreurs qui ont eu cours comme des vérités, nous hâtant d'arriver aux temps historiques qui commencent à Lavoisier.

Un phénomène aussi remarquable que la production de chaleur, chez les êtres animés, a dû fixer l'attention des premiers observateurs et frapper l'esprit des premiers penseurs. Aussi n'est-il pas pour ainsi dire d'ouvrage de science, si ancien qu'on le suppose, où il ne soit question de la chaleur animale et où ce phénomène ne se confonde en une même idée avec la vie.

Les philosophes de l'antiquité avaient vu, sous les feux du soleil, la vie se manifester dans toute la nature, et, sur la terre, dans les eaux, dans l'air, des myriades d'êtres s'animer sous cette influence vivifiante. On comprend facilement que l'idée

(*) Voir ci-dessus, page 1089.

vint de supposer que la vie n'était qu'une manifestation, circonscrite dans un individu, de cette chaleur générale qui animait toute la nature. Il n'était point nécessaire, par conséquent, de rechercher quelle était la cause de cette production de chaleur chez les êtres vivants, puisque, dans cette hypothèse, il n'y avait pas développement d'une chaleur propre à ces êtres, mais bien au contraire emploi de la chaleur primitive. La vie ne devait être considérée que comme un effet de cette chaleur et non comme sa cause ; puis, quand cette chaleur était épuisée, la vie cessait *ipso facto*, et le froid de la mort saisissait les corps inanimés, jusqu'à ce que, sous l'influence de la chaleur, de nouveaux êtres pussent se produire et la vie naître de la mort.

Ces vues, qui semblent venir des mythes de l'Inde et qui sont reproduites dans les doctrines de Pythagore, se retrouvent dans les poëtes anciens, ces vulgarisateurs de la science d'alors. Pour eux, le feu, la chaleur, le soleil, l'été, c'est la *vie ;* le froid, l'hiver, c'est la *mort ;* et, dans le cours de l'existence comme dans le cours de l'année, les premières chaleurs du printemps ou de la jeunesse indiquaient le début, les neiges de l'hiver ou de la vieillesse marquaient la fin.

Si cette manière d'interpréter les faits était erronée, elle avait au moins ce mérite d'être l'expression de phénomènes observés. Mais, lorsque les idées vitalistes eurent cours, on renversa tout simplement les termes de cette interprétation première, et la cause devint effet, l'effet devint cause. La vie produisait la chaleur, une chaleur particulière, spéciale, distincte ; une chaleur qui était autre que la chaleur ordinaire, qui n'avait pas la même origine, ne donnait pas lieu aux mêmes phénomènes, mais en causait qui ne leur ressemblaient pas : la *chaleur vitale*, en un mot.

Abandonnée et reprise souvent, l'idée de cette chaleur vitale se trouve encore exprimée et soutenue, presque de nos jours, par J. Hunter (1) : « Il est très probable, dit-il, que la production de la chaleur dépend d'*un principe si intimement lié avec la vie*, qu'il peut agir, et agit en effet indépendamment de la circulation, de la sensation et de la volition, et qu'il est la force qui conserve et règle intérieurement la machine. » Ce même principe pourrait aussi détruire une certaine quantité de chaleur, d'après J. Hunter, qui ne voulait pas admettre que l'évaporation fût suffisante pour refroidir le corps des animaux : ainsi, la même force produirait et détruirait, suivant les besoins, la *chaleur animale*. Quant à ses organes, Hunter ne les déterminait pas, mais niait que la source de la chaleur fût dans le sang ; il pensait que « ce liquide n'est affecté par la chaleur animale que parce qu'il a sa source auprès de la source de cette dernière... Il est probable, ajoute-t-il, que ce principe réside dans l'estomac : la chaleur vitale n'est pas produite par des actes physiques ou chimiques ; c'est un principe particulier, c'est une force vitale. »

Que, pendant bien des siècles, l'idée de la chaleur vitale ait été généralement admise, soit qu'on en plaçât le siége, suivant Aristote, dans le ventricule droit du cœur, soit qu'avec Galien on le mît dans le ventricule gauche, il ne faut pas s'en étonner : n'est-ce pas la même marche qu'a suivie partout la science ? On invente des forces particulières pour expliquer des phénomènes incompris, et bientôt on discute sur ces forces comme si elles existaient réellement. Si la science moderne a considérablement diminué le nombre de ces forces hypothétiques, qui oserait affirmer que l'avenir ne doit pas les diminuer encore, à la plus grande gloire de la vérité, dont la destinée paraît être de ne s'établir que sur les débris de l'erreur?

(1) *Œuvres complètes*, trad. franç. de Richelot, t. IV, p. 208.

Quand les sciences se réveillèrent de leur long sommeil, l'alchimie donna son explication de la chaleur vitale; mais nous n'en parlerons que plus loin, pour ne pas scinder le rôle qu'a joué la chimie dans l'étude de cette importante question. Auparavant, disons quelques mots des opinions émises, soit par les iatro-mécaniciens, soit par des physiciens ou par des physiologistes plus ou moins disposés à faire intervenir la *force vitale* dans l'interprétation de tous les actes de la vie.

Toutes les explications de la chaleur animale peuvent se ramener à deux principales : dans l'une, cette chaleur est inhérente à l'organisme où elle siége et où elle provoque différentes manifestations ; dans l'autre, elle s'y développe par des procédés analogues à ceux qui, en dehors de l'économie, produisent de la chaleur (actions physiques ou réactions chimiques). La première, qui eut cours seule pendant des siècles, compte, parmi ses adhérents, les noms les plus illustres, à commencer peut-être par Hippocrate ; la seconde (au moins celle qui invoque les réactions chimiques de la nutrition), quoique née d'hier, paraît avoir pris à jamais possession de l'avenir.

Un des derniers défenseurs de la chaleur vitale, Brodie (1), tend à attribuer la plus grande influence dans la production de la chaleur animale, non pas au fluide vital, mais au système nerveux, ce qui pour lui revient absolument au même, puisqu'il suppose aussi une chaleur produite en dehors des causes ordinaires. Brodie avait observé que, chez un animal décapité, la température s'abaisse très rapidement, alors même que la circulation continue et que la respiration est entretenue artificiellement par l'insufflation ; il avait de plus remarqué que, de deux animaux décapités après la ligature des vaisseaux du cou, l'un, chez lequel on entretenait la respiration artificielle, se refroidissait plus vite que l'autre qui était abandonné à lui-même. Chez les animaux insufflés, la quantité d'acide carbonique exhalé restant la même ou à peu près que dans l'état normal, Brodie concluait de ses expériences que l'influx nerveux étant supprimé, la respiration, au lieu de produire de la chaleur, est au contraire une cause de refroidissement. Cette dernière proposition avait déjà été énoncée très anciennement par ceux qui soutenaient que l'introduction de l'air dans la cavité thoracique était destinée à rafraîchir le sang, ne prenant pas garde que cet air peut être et est souvent d'une température supérieure à celle du liquide sanguin.

Cependant Brodie ne tirait de ses observations que des conclusions très réservées, et qu'il présentait seulement sous la forme d'hypothèses ; car il dit : « Les faits que j'ai observés paraissent concourir à prouver que la température des animaux à sang chaud dépend beaucoup de l'influence du système nerveux..... Mais quelle est la nature du rapport qui existe entre la cause et l'effet ? le cerveau est-il *directement ou indirectement* nécessaire à la production de la chaleur ? Ce sont là des questions auxquelles on ne peut certes répondre qu'hypothétiquement. » — Aujourd'hui la certitude à cet égard est venue supprimer l'hypothèse.

D'ailleurs les expériences de Brodie semblent n'avoir pas été faites d'une manière bien rigoureuse. En effet, Legallois a démontré que les animaux décapités et insufflés conservent une température de 1° à 3° supérieure à celle d'animaux de même espèce et de même taille décapités aussi, mais abandonnés à eux-mêmes. Il a établi, en outre, que l'insufflation, bien différente de la respiration normale, peut refroidir les animaux sur lesquels on la pratique, alors même

(1) *Bibliothèque britannique*, t. XLVIII.

que ces animaux sont intacts. Cette dernière observation a été confirmée par les expériences de Wilson Philip. Enfin, tandis que, pour Brodie, la quantité d'acide carbonique exhalée pendant la respiration artificielle était à peu près la même que celle qui s'exhale pendant la respiration normale, les expériences de Legallois ont fait reconnaître que, pendant la respiration normale, un animal intact consomme une quantité d'oxygène beaucoup plus considérable, dans un temps donné, que celle qui est consommée pendant l'insufflation par un animal décapité, la durée de l'expérience étant la même.

A côté de l'opinion de Brodie, il faut placer celle de Chossat, qui n'hésite pas à placer dans le *grand sympathique* le principe producteur de la chaleur. Pour lui, ce n'est pas indirectement que ce nerf concourt à la calorification, ce n'est point par la part qu'il prend à l'entretien des principales fonctions végétatives, à l'exécution régulière des actes physiques ou chimiques qui se passent dans l'économie, mais c'est *directement* et par lui-même qu'il produit la chaleur animale. Les expériences de Chossat, quoique faites avec tout le soin qui caractérise les travaux de cet habile observateur, sont accompagnées de telles mutilations, qu'il est de toute impossibilité d'en tirer les conséquences qu'en a déduites l'auteur; aussi est-on forcé de reconnaître qu'elles ne prouvent rien.

Il nous a paru nécessaire de mentionner les opinions de Brodie et de Chossat, bien qu'elles rentrent en réalité dans la généralité de celles qui font de la chaleur animale un effet de la force vitale complétement indépendant des réactions chimiques et des forces physiques qui produisent la chaleur en dehors des êtres vivants; cela nous a paru nécessaire, parce qu'elles ont été émises à une époque où déjà la lumière s'était faite sur la cause véritable de la calorification. C'est là une preuve nouvelle de la difficulté qu'éprouve trop souvent la vérité à se faire reconnaître même par les esprits les plus distingués.

Plus tard, en nous occupant des fonctions du système nerveux, et spécialement de celles du grand sympathique, nous aurons occasion de revenir, mais à un tout autre point de vue que celui de Brodie ou de Chossat, sur les *rapports du système nerveux avec la chaleur animale:* nous démontrerons alors, à l'aide de faits incontestables, l'*influence indirecte* ou médiate de ce système sur la production de cet important phénomène, et nous caractériserons la nature ou le mode de cette influence.

Parmi les idées, moitié physiques et moitié vitalistes, nous pouvons placer celles de De la Rive (1), qui suppose que la chaleur animale provient de l'*électricité* dont les nerfs seraient les conducteurs. Sans doute, un grand nombre de phénomènes s'accompagnent, dans l'organisme, d'un dégagement d'électricité qu'une certaine production de chaleur peut suivre; mais, si l'on considère la quantité énorme de chaleur produite sans cesse dans les animaux supérieurs, on comprend immédiatement que si les nerfs en devaient être les agents conducteurs, ils atteindraient un degré de température incompatible avec la vie.

Bichat a aussi donné sa théorie de la chaleur animale; mais elle est assurément peu digne de ce puissant génie. Il suppose que la calorification résulte du dégagement de la chaleur latente qui s'opère quand les éléments du sang, dans l'acte

(1) *Bibliothèque universelle de Genève*, t. XV, p. 46.

de la nutrition, passent de l'état liquide à l'état solide. Mais, dans l'économie, les solides qui se liquéfient sont à peu près équivalents aux liquides qui se solidifient, et, par conséquent, dans ces actes, il y a autant de calorique absorbé que dégagé. Qu'était-il donc besoin de cette hypothèse, et comment Bichat n'a-t-il pas reconnu tout ce qu'il y avait de vrai dans le système de Lavoisier? C'est que sans doute, lui aussi, était dominé par cette pensée que, dans les êtres vivants, les phénomènes physiques ou chimiques ne se passent pas comme dans les laboratoires.

En opposition avec la plupart de ces théories, dans lesquelles la *force vitale* est supposée intervenir comme cause productrice de la chaleur, nous allons actuellement mentionner d'autres opinions dans lesquelles l'acte de la calorification est réduit à un phénomène mécanique.

Quand les doctrines mathématiques entreprirent d'expliquer tous les phénomènes de la vie comme des mouvements produits par une machine, il était tout simple d'attribuer au *frottement* la cause de la chaleur animale. En frottant deux bouts de bois l'un contre l'autre, on arrive à produire du feu; dans toute machine, si soigneusement qu'elle soit construite, les roues, les engrenages, les moindres frottements donnent lieu à un dégagement de chaleur; pourquoi, disait-on, n'en serait-il pas de même dans le corps humain? Là aussi il y a des mouvements continuels, et par conséquent des frottements non-seulement des parties solides les unes contre les autres, mais aussi du fluide sanguin contre les parois des vaisseaux, des globules sanguins entre eux. J. del Papa (1) n'hésita pas: il donna le mouvement du sang comme cause première de la chaleur animale, et Martine (2) la fit provenir du frottement des globules sanguins contre les parois des vaisseaux; aussi les hommes en ont-ils plus que les femmes, parce que, leurs artères étant plus denses, le frottement y est plus considérable. Le sang noir devient rouge dans les capillaires des poumons à cause du frottement qu'il y subit, et, par conséquent, de la chaleur qui s'y produit. Hales en donne pour preuve que le sang noir devient rouge quand on l'agite fortement dans un vase de verre. Le nombre de globules, la vitesse de la circulation, la rigidité des parois, le diamètre plus ou moins fin des vaisseaux, donnaient raison des différences de température non-seulement sur un même individu dans diverses conditions de la vie, mais aussi chez tous les êtres de l'échelle animale. Les calculs les plus minutieux, mais non moins inexacts, venaient à l'appui de cette théorie assez spécieuse pour avoir séduit Haller (3) lui-même, qui s'exprime ainsi: « Hactenus certe maxime probabile videtur, *utique a* » *motu sanguinem incalescere*, etsi nondum constat quare magis quam aqua et » quare non super certum gradum incalescere possit. »

Et pourtant, dans cette théorie, il n'y avait absolument rien de vrai, comme l'ont démontré depuis l'expérience directe et les déductions les plus rigoureuses.

Si, dans cet aperçu historique, nous avions suivi l'ordre chronologique, nous aurions dû parler déjà de l'explication donnée par les chimiatres de la production de chaleur dans les êtres organisés; mais nous avons préféré suivre, dans ses développements, la pensée qui attribue la calorification à des réactions chimiques.

(1) *De præcipuis humoribus*, 1736.
(2) *De sensilibus animalibus*, 1742, p. 187.
(3) *Elementa physiologiæ*, t. II, p. 307.

depuis son origine dans les erreurs de l'alchimie jusqu'à son éclosion brillante dans les travaux des chimistes modernes.

L'expérience avait prouvé que les corps, en se combinant les uns avec les autres, donnent lieu, par les réactions qui s'opèrent, à un dégagement de chaleur. Van Helmont l'attribuait, chez l'homme, au mélange effectué dans le cœur, entre le soufre et le sel volatil du sang; Sylvius (1) supposait que le feu vital, tout à fait différent du feu ordinaire, était entretenu par le mélange uniforme du sang, et qu'il atténuait les humeurs parce qu'il est composé de pyramides, suivant l'opinion de Pythagore. —C'était là un mélange de chimiatrie et d'iatromécanisme, comme on trouve un reste des idées chimiques dans cette opinion de certains médecins mécaniciens, que le globule sanguin, échauffé par le frottement, conserve la chaleur parce qu'il est très sulfureux.

Stevenson expliquait la production de chaleur par la transformation que subissent sans cesse, dans l'économie, les aliments qui y sont introduits et les humeurs qui y circulent. Hamberger, suivant les idées de fermentation alors admises généralement, pensait que le sang est le siége de la calorification à cause des combustions qui s'y opèrent comme dans les matières en putréfaction.

J. Mayow (2) établit que, dans le poumon, l'air cède au sang son esprit ou son *gaz nitro-aérien* en produisant la rutilance de ce liquide, la fermentation et la *chaleur animale*. — Quant à Joseph Black (3), il passe pour avoir le premier considéré la production d'acide carbonique, dans l'acte de la respiration, comme la source de la chaleur dégagée par les êtres vivants; opinion que combat Leslie, tout en la regardant comme très ingénieuse. Il paraît probable que cette hypothèse de Black n'était qu'une simple vue de l'esprit, et si peu certaine, que son auteur ne l'a pas jugée digne de figurer dans ses écrits : on ne la trouve émise que par ceux qui la combattent, ou par ceux qui ont jugé utile de la reprendre pour faire de Black le précurseur de Lavoisier.

Enfin, en 1777, Lavoisier, après avoir établi la *théorie de la combustion* sur des bases inébranlables, en fit à la calorification animale une application qui est restée et restera sans doute comme l'expression de la vérité. « J'ai fait voir, dit Lavoisier, que l'air pur, après être resté dans les poumons, en ressortait en partie dans l'état d'air fixe ou d'acide crayeux (acide carbonique). L'air pur, en passant par le poumon, éprouve donc une décomposition analogue à celle qui a lieu dans la combustion du charbon. Or, dans la combustion du charbon, il y a dégagement de la matière du feu, donc il doit y avoir également dégagement de la matière du feu dans le poumon dans l'intervalle de l'inspiration à l'expiration, et c'est cette matière du feu, sans doute, qui, se *distribuant avec le sang dans toute l'économie animale, y entretient une chaleur constante de 32° et demi* environ au thermomètre de Réaumur. Cette idée paraîtra peut-être hasardée au premier coup d'œil ; mais, avant de la rejeter ou de la condamner, je prie de considérer qu'elle est appuyée sur deux faits constants et incontestables, savoir, sur la décomposition de l'air dans le poumon, et sur le dégagement de calorique qui acccompagne toute décomposition d'air pur, c'est-à-dire tout passage de l'air pur à l'état d'air fixe (acide carbonique). Mais ce qui confirme encore que la chaleur des animaux

(1) *Dissert. med.*, X, p. 18.

(2) *Tractatus quinque physico-medici quorum primus agit de sale nitro et spiritu nitro-aero ; secundus de respiratione*, etc. Oxonii, 1674.

(3) *Lectures on the Elements of Chemistry*, etc. London 1803. édit de J. Robison.

tient à la décomposition de l'air dans le poumon, c'est qu'il n'y a d'animaux chauds que ceux qui respirent habituellement, et que cette chaleur est d'autant plus grande, que la respiration est plus fréquente, c'est-à-dire qu'il y a une relation constante entre la chaleur de l'animal et la quantité d'air entrée ou au moins convertie en air fixe dans les poumons. »

Lavoisier ne se contenta pas d'avoir énoncé ces faits, il s'appliqua avec persévérance à en démontrer la parfaite exactitude. En 1780, en 1783 et en 1785, il prouva par des expériences directes que la cause de la calorification est dans la combustion du carbone du sang veineux, et que cette source de chaleur est suffisante pour maintenir la température animale à un degré constant; qu'un cochon d'Inde brûle en dix heures, par la respiration, $3^{gr},33$ de carbone, suffisant pour fondre $326^{gr},75$ de glace, et que, dans le même laps de temps, il cède au milieu ambiant une quantité de chaleur capable de fondre $341^{gr},08$ de glace; que, par conséquent, le rapport entre la chaleur produite par la respiration et celle dégagée par l'animal est comme $326,75 : 341,08 = 0,96$.

Comme s'il n'avait plus rien dû laisser à faire à ceux qui viendraient après lui, Lavoisier alla plus loin encore ; il ajouta « qu'indépendamment de la portion d'air vital qui a été converti en air fixe, une portion de celui qui est entré dans le poumon n'en est pas ressorti dans l'état élastique, et il en résulte qu'il se passe de deux choses l'une, pendant l'acte de la respiration : ou qu'une portion d'air vital s'unit avec le sang, ou bien qu'elle se combine avec une portion d'air inflammable (hydrogène) pour former de l'eau.... » Et plus loin : « En supposant, comme il y a quelque lieu de le croire, que cette dernière opinion soit préférable, il est aisé de déterminer la quantité d'eau qui se forme par la respiration et la quantité d'air inflammable qui est extrait du poumon. »

Enfin, en 1789, Lavoisier, résumant les faits qu'il avait démontrés et les déductions qu'il en tirait, s'exprimait en ces termes : « La respiration n'est qu'une combustion lente de carbone et d'hydrogène, qui est semblable en tout à celle qui s'opère dans une lampe ou dans une bougie allumée, et, sous ce point de vue, les animaux qui respirent sont de véritables corps combustibles qui brûlent et se consomment.

» Dans la respiration, comme dans la combustion, c'est l'air de l'atmosphère qui fournit l'oxygène et le calorique ; mais comme, dans la respiration, c'est la substance même de l'animal, c'est le sang qui fournit le combustible, si les animaux ne réparaient pas habituellement par les aliments ce qu'ils perdent par la respiration, l'huile manquerait bientôt à la lampe, et l'animal périrait comme une lampe s'éteint lorsqu'elle manque de nourriture.

» Les preuves de cette identité d'effet entre la respiration et les combustions se déduisent immédiatement de l'expérience. En effet, l'air qui a servi à la respiration ne contient plus, à la sortie du poumon, la même quantité d'oxygène ; il contient non-seulement du gaz acide carbonique, mais encore beaucoup plus d'eau qu'il n'en contenait avant l'inspiration. Or, comme l'air vital ne peut se convertir en gaz acide carbonique que par une addition de carbone ; qu'il ne peut se convertir en eau que par une addition d'hydrogène; que cette double combinaison ne peut s'opérer sans que l'air vital perde une partie de son calorique spécifique, il en résulte que l'effet de la respiration est d'extraire du sang une portion de carbone et d'hydrogène, et d'y déposer à la place une portion de son calorique spécifique qui, pendant la circulation, se distribue avec le sang dans

toutes les parties de l'économie animale et y entretient cette température à peu près constante que l'on observe dans tous les animaux qui respirent. »

En scrutant toujours davantage cette question de la calorification, pour laquelle il semblait s'être passionné, Lavoisier reconnut que tout le tégument externe participe à l'acte de la respiration, et par conséquent de la calorification ; il pensa qu'une partie de l'air vital, absorbée dans le poumon, se fixe pendant la circulation avec quelques parties de notre système. Il vit ou prévit tout, et, quand la mort le frappa au milieu de ses travaux, déjà il avait répandu sur cette partie de la science une lumière dont l'éclat ne s'éteindra jamais.

On a voulu opposer à Lavoisier, Crawford, qui, simple interprète des doctrines de Priestley, disait, en 1779, que le sang artériel, en traversant les vaisseaux capillaires, absorbe du phlogistique pour passer à l'état de sang veineux ; Crawford qui, en 1782 (1), soutenait encore que la chaleur diminue et que le froid augmente l'attraction du sang pour le phlogistique ; Crawford (2) qui, en 1788, admettait que le sang artériel passait à l'état de sang veineux dans les capillaires généraux parce qu'il absorbait de l'hydrogène carboné, et que le sang veineux passait à l'état de sang artériel dans le poumon parce qu'il abandonnait cet hydrogène carboné ; Crawford enfin qui dit (3) : « Il paraît que, pendant la respiration, le sang émet continuellement le principe inflammable et absorbe la chaleur ; et que, dans le cours de la circulation, il absorbe continuellement le principe inflammable et émet la chaleur. »

Sans laisser Crawford tout à fait dans l'ombre d'où voudraient le tirer ceux-là surtout qui, dans le monde des sciences, voudraient établir des nationalités plus ou moins rivales, il est juste de reconnaître que, si quelqu'un pouvait revendiquer une part dans les travaux de Lavoisier, ce serait Priestley, à qui la vérité s'était montrée, mais qui semble avoir fermé les yeux pour ne pas la voir.

Après Lavoisier, on opposa à sa doctrine que, si la combustion du carbone et de l'hydrogène s'effectuait dans le poumon, il en devrait résulter une élévation de température que cet organe ne pourrait pas supporter. Aussi Lagrange, qui avait élevé cette objection, pensait-il que dans le poumon il y avait seulement échange de gaz, et que les réactions chimiques s'opéraient dans les capillaires généraux. C'était en partie l'opinion de Crawford, adoptée et développée surtout par Hassenfratz. — Mais il ne faut pas oublier qu'elle avait été d'abord émise par Lavoisier lui-même dès 1777. « Il arrive, dit-il, de deux choses l'une par l'effet de la respiration : ou la portion d'air éminemment respirable, contenue dans l'air de l'atmosphère, est convertie en acide crayeux aériforme (acide carbonique) en passant par le poumon, *ou bien il se fait un échange dans ce viscère :* d'une part, l'air éminemment respirable est absorbé, et, d'autre part, le poumon restitue à la place une portion d'air crayeux aériforme presque égale en volume. » — Ailleurs, supposant que l'acide carbonique qui se dégage pendant l'expiration était *en partie* un produit de la digestion, Lavoisier dit : « Il faudrait supposer alors qu'il se forme plus d'eau, soit dans le poumon, soit *pendant la circulation*, ou il faudrait admettre qu'une partie de l'air vital absorbé dans le poumon se fixe, *pendant la circulation*, avec quelques parties de notre système. »

(1) *Journal de physique*, 1782, t. XX, p. 451.
(2) *Exp. and Obs. on Animal Heat*, 2e édit., *with very large Additions*. Londres, 1788.
(3) *Loc. cit.*, p. 362.

Spallanzani (1) a confirmé de tout point les prévisions de Lavoisier et l'hypothèse de Lagrange : il a prouvé que, chez les animaux inférieurs, l'absorption d'oxygène s'accompagne d'un dégagement de chaleur comme chez les mammifères et les oiseaux, et que l'acide carbonique s'exhale par le poumon, *mais qu'il ne s'y forme pas directement.* — Malheureusement, des résultats de ses expériences exactes Spallanzani n'a tiré que des conclusions erronées.

W. Edwards est venu ajouter de nouvelles preuves à celles que Spallanzani avait déjà données pour établir que l'acide carbonique ne se forme pas exclusivement et directement dans le poumon par la combinaison de l'oxygène de l'air et du carbone du sang veineux. Ayant démontré d'une manière péremptoire, que, dans la respiration, il se fait un échange de gaz, il préparait la démonstration donnée par Stevens, Hoffmann et Magnus, qu'il existe des gaz libres dans le sang, et que, par conséquent, *les réactions chimiques* qui produisent et entretiennent la calorification *peuvent s'effectuer dans toute l'étendue du torrent circulatoire.*

Enfin, en s'efforçant d'apporter aux opinions de Lavoisier cette démonstration que l'exactitude de la science moderne permet d'exiger, Dulong et Despretz ont été conduits par leurs expériences à admettre, avec l'immortel fondateur de la théorie chimique de la calorification, que l'oxygène absorbé dans la respiration, transformé dans l'économie en acide carbonique et en eau par sa combinaison avec le carbone et l'hydrogène du sang veineux, donnerait, pendant ces réactions, une quantité de chaleur équivalente à celle qui constitue la chaleur animale.

Il est pourtant une remarque que nous ne saurions omettre de rappeler ici : « C'est par une coïncidence fortuite, disent Regnault et Reiset (2), que les quan- » tités de chaleur dégagées par un animal se sont trouvées, dans les expériences » de Lavoisier, de Dulong et de Despretz, à peu près égales à celles que donne- » raient, en brûlant, le carbone contenu dans l'acide carbonique produit, et l'hy- » drogène dont on détermine la quantité par une hypothèse bien gratuite, en » admettant que la portion de l'oxygène consommée qui ne se retrouve pas dans » l'acide carbonique a servi à transformer cet hydrogène en eau. » — Mais cette remarque de Regnault et Reiset, fondée sur de nombreuses expériences, ne porte aucune atteinte essentielle au principe formulé par Lavoisier : la théorie proposée par ce grand homme, loin d'être ébranlée par les découvertes modernes, en reçoit des perfectionnements de détail qui en font mieux ressortir encore la grandeur et la fécondité.

Qu'il soit donc enfin permis d'espérer qu'à l'avenir les séductions de l'erreur ne pourront plus lutter contre les preuves de la vérité.

(1) *Mém. cit. sur la respiration*, p. 256.